Behavioural Research and Evaluation
Department of Communications

TELIDON BEHAVIOURAL RESEARCH 4
DATA ENTRY IN VIDEOTEX: KEYPAD DESIGN AND PAGE NUMBER FORMAT

January, 1982

Copies of

TELIDON BEHAVIOURAL RESEARCH 4
DATA ENTRY IN VIDEOTEX: KEYPAD DESIGN AND PAGE NUMBER FORMAT

are available
free of charge from:

Information Services
Department of Communications
300 Slater Street
Ottawa, Ontario
K1A 0C8

Report Number DOC-TBR-DBRE-81-4-E

TELIDON BEHAVIOURAL RESEARCH 4
DEPARTMENT OF COMMUNICATIONS
OTTAWA
JANUARY, 1982

DATA ENTRY IN VIDEOTEX: KEYPAD DESIGN AND PAGE NUMBER FORMAT

Preface

This is the fourth in a series of reports prepared by the Behavioural Research and Evaluation Division of the Department of Communications. The reports are provided to assist in the design of videotex systems that reflect the abilities and limitations of the user. This report presents recommendations concerning some aspects of the design of data entry on videotex.

At present, videotex users retrieve information either by numeric selection from displayed lists of alternatives or by entry of page numbers directly. The device typically used to direct retrieval is a small keypad that permits the entry of numeric and other data. The two papers in this report address user issues arising from the design of the keypad and from the format in which videotex page numbers are presented.

The first paper is "Human Factors and Telidon Keypads: A New Design and An Examination of the Current Models" by Paul Hearty. He argues that the design of manual data-entry devices for videotex should take account of three classes of user characteristics: the size and mobility of the hand, perceptual-motor abilities, and cognitive processing facilities. Citing evidence relevant to these considerations, he makes specific recommendations for the design of Telidon keypads. He then provides designs for both a basic Telidon keypad and an alphabetic extension. Finally, he examines current Telidon keypads critically and makes suggestions for improvement.

The second paper is "The Problem of User Errors Caused by Long Videotex Page Numbers" by Eric Lee. He notes first that, when accessing pages directly, users will find it difficult to recall and enter the long page numbers inevitable with commercial-sized databases. In reviewing the empirical literature, he notes that people spontaneously segment long number strings into shorter sub-groups during recall and that performance in a variety of tasks is facilitated when long digit strings are presented in a manner consistent with such "natural groupings". He concludes that, at presentation, videotex page numbers should be divided into sub-groups of three (or perhaps four) digits by the insertion of blank spaces.

In summary, the two papers address some of the human factors issues that should be considered in the design of videotex data-entry systems. While humans are adaptable and can learn to use devices and systems that are not designed optimally, it is likely that design of videotex systems will be a deciding factor in which are most popular. Careful design based on knowledge of human limitations and capabilities can enhance the ease and pleasure with which users address their videotex systems.

Dorothy Phillips
Behavioural Research and
Evaluation
Department of Communications
Ottawa, Ontario
January, 1982

TELIDON BEHAVIOURAL RESEARCH 4

JANUARY, 1982

DATA ENTRY IN VIDEOTEX: KEYPAD DESIGN AND PAGE NUMBER FORMAT

Contents

Page

Preface -- Dorothy Phillips iii

I Human Factors and Telidon Keypads: A New Design and An Examination of the Current Models -- Paul J. Hearty..... 1

II The Problem of User Errors Caused by Long Videotex Page Numbers -- Eric Lee.....43

HUMAN FACTORS AND TELIDON KEYPADS: A NEW DESIGN AND AN EXAMINATION OF THE CURRENT MODELS

Paul J. Hearty

1982

Behavioural Research & Evaluation Division
Department of Communications
Ottawa, Ontario

Human Factors and Telidon Keypads: A New Design and An Examination of the Current Models

Paul J. Hearty
Department of Communications

Summary

The present paper briefly surveys human-factors literature relevant to the design of hand-held keypads and makes specific recommendations for design. The recommendations are then implemented in a new keypad that provides the basic operations necessary for Telidon. Techniques for permitting alphabetic input are discussed and an optional alphabetic extension that is viable from the human-factors viewpoint is given. Finally, each of the current Telidon keypads is examined in terms of the design recommendations extracted from the human-factors literature.

TABLE OF CONTENTS

Contents	Page
INTRODUCTION	4
HUMAN-FACTORS RECOMMENDATIONS	4
Anthropometric Concerns	5
Axis-of-Grip	5
Accessibility	7
Perceptual-Motor Concerns	7
The Search Process	8
Size	8
Contrast	9
Discriminability	9
The Location Process	10
The Keypress	11
Dimensions	11
Arrangement	12
Physical Aspects	12
Multiple Keypresses	13
Cognitive Concerns	14
Labels	15
Chording	16
Strategic Search	16
IMPLEMENTING THE RECOMMENDATIONS	18
The Nonalphabetic Device	18
An Alphabetic Extension	23
THE CURRENT KEYPADS	27
Nonalphabetic Devices	27
Norpak Mark 3	27
Bell Vista	30
Alphabetic Devices	32
Microtel	32
Electrohome	36
CONCLUDING COMMENTS	38
REFERENCES	40

INTRODUCTION

Telidon user terminals from four Canadian manufacturers are now available to the public. Each provides a unique data-entry device (keypad). In part, the differences among keypads reflect differences in the manufacturers' conceptions of user needs. The Norpak (Mark 3) and Bell (Vista) keypads provide a set of basic operations and a numeric cluster to permit the retrieval of information by numeric selection from lists of alternatives or by directly addressing particular pages of the database. The Microtel and Electrohome units provide the basic operations and numerics but, in addition, permit the entry of alphabetic characters.

Recently, there has been growing concern with human-factors aspects of Telidon keypads (e.g., Muter, 1980). Briefly, the human-factors position judges a device by the extent that it accommodates the limitations and promotes the convenience of its user. The present paper first examines relevant human-factors literature and makes specific recommendations for keypad design. It then provides a design for a hand-held, nonalphabetic keypad that satisfies these human-factors requirements; it also presents an acceptable extension that permits alphabetic input. Finally, each of the current Telidon keypads is examined briefly in human-factors terms.

HUMAN-FACTORS RECOMMENDATIONS

Because Telidon is a new application, there is little directly pertinent evidence to guide keypad design. There is, however, a body of empirical data from comparable applications that can be drawn upon. In addition, normative data concerning the dimensions and mobility of the human hand are both relevant and available.

At least three classes of human-factors considerations confront the designer of a data-entry device. The three concern limitations arising from the anthropometric, perceptual-motor, and cognitive characteristics of the user. Keypads that do not accommodate such limitations will yield either or both of lower data-entry rates and increased data-entry errors. Moreover, such devices will likely encourage disenchantment, or even avoidance, in the user. It is critical, then, that Telidon keypads conform to human-factors principles of design.

Anthropometric Concerns

Because keypads are, at least in principle, hand-held devices, they must be designed with reference to anthropometric data for the human hand. The task for the designer, then, is to ensure that the unit can be held, and used, comfortably by all but those with the smallest hands. For such purposes, it is standard procedure to design with reference to measurements representing the fifth percentile of the adult population (i.e., the values below which only five percent of adult individuals fall).

Axis-of-Grip

While operating the keypad, the user might hold the unit with one hand and use the other hand to activate keys. Alternatively, the user might use a single hand both to hold the unit and to activate its keys. In either case, however, the dimensions of the hand restrict the size of an acceptable keypad.

Many types of grip are feasible for two-handed operation. However, if the unit is sufficiently small, the user typically will place his thumb along one side of the keypad and the tips of his forefinger and middle finger against the opposite side. If this grip is to be maintained comfortably for long periods, the unit's axis-of-grip

(usually its width) should not exceed the distance between the base of the user's thumb and the joint closest to the tip of the forefinger (or the middle finger) when the hand is relaxed. Extrapolation from data reported by Garrett (1971) provides relaxed-hand distances for fifth-percentile adults of 2.72 and 2.69 inches (6.91 and 6.83 cm) for the forefinger and the middle finger, respectively. Thus, the data support a maximum axis-of-grip for two-handed use of about 2.70 inches (6.86 cm).

During one-handed operation, the user should rest the unit upon his fingers and move his thumb about the key-face to select keys. If the grip is to be both secure and comfortable for long periods, the unit's axis-of-grip should not exceed the distance between the muscular pad at the base of the thumb and the joint closest to the tip of the forefinger (or the middle finger) in the relaxed hand. Furthermore, if the thumb is to be free to move over the key-face, the unit's thickness should not exceed the size of the largest gap between the thumb and the forefinger when the thumb is moved towards the palm but held parallel to the fingers. Extrapolation from data presented by Garrett (1971) reveals that, for fifth-percentile adults, the unit's axis-of-grip should not exceed 2.35 inches (5.97 cm) when either the forefinger or the middle finger is used to grip the unit and the unit's thickness should not surpass 0.75 inches (1.91 cm).

The difference between the maximum axis-of-grip recommended for one-handed operation (2.35 inches) and that recommended for two-handed use (2.70 inches) is small. Given that both recommendations are based upon approximations, it seems reasonable to suggest 2.50 inches (6.35 cm) as an acceptable compromise.

Accessibility

Although both one-handed and two-handed modes of operation suggest similar values in axis-of-grip, they differ considerably otherwise. In particular, with two-handed operation, all keys are accessible while, with one-handed operation, the keys accessible are those within the range of movement of the thumb. Fogel (1963, p. 478) indicates that the thumb can move a maximum of 125° within the plane of the hand, describing a maximum angle of 45° with the forefinger in movements toward the palm and a maximum of 80° in movements away from the palm. Thus, if users grip the keypad with its centre of gravity centered upon the body of the hand, the keys accessed most easily in one-handed operation will be those at and above the centre of gravity but within about 2.0 inches (5.08 cm) of the base of the thumb [Garrett, 1971, gives thumb lengths of fifth-percentile males and females as 1.99 and 1.84 inches (5.05 and 4.67 cm), respectively].

In summary, anthropometric considerations indicate that keypads should not exceed 2.50 inches (6.35 cm) in axis-of-grip. Moreover, in one-handed usage or, as is more likely in practice, combined one-handed and two-handed operation, it would be convenient if the keys that will be used most frequently were at or above the unit's centre of gravity and within about two inches of the edge of the unit.

Perceptual-Motor Concerns

The precision and ease of visually guided manipulations of the keys of a data-entry device are necessarily limited by the perceptual-motor abilities of the user. Consider, for a moment, the task facing a relatively inexperienced user. Given that a particular key must be pressed and that the user knows the label but not the location of the key, he must search the key-face for the label, locate the key to which it refers, and press only that key. The search and location

components of the task are, of course, perceptual activities while the finger movements associated with pressing the key are motor activities that are guided perceptually.

An appropriately designed keypad will minimize the difficulty of each component of the task. The next three sub-sections of the paper will present some basic guidelines for facilitating perceptual-motor activities in keypad usage.

The Search Process

It is clear, even obvious, that the search process will be facilitated if the key labels are large, have sufficient contrast with their background, and are easily discriminated from one another. The questions for the designer, then, are how large must labels be and how can one provide sufficient contrast and discriminability.

Size. Under good viewing conditions, the accuracy and speed of form identification improve as the largest dimension of the form is increased to subtend a visual angle of approximately 18 minutes of arc (Steedman & Baker, 1960). Thus, for a standard viewing distance of 28 inches (about 71 cm), the largest dimension of a form used as a label should extend at least 0.15 inches (0.38 cm).

With good illumination, letters only 0.10 inches (0.25 cm) high can be discriminated accurately at the standard viewing distance; with very low levels of illumination, however, letter heights of 0.20 inches (0.51 cm) could be necessary (Grether & Baker, 1972, p. 107). Thus, a letter height in labels of 0.10 to 0.15 inches (0.25 to 0.38 cm) should be sufficient for accurate discrimination in all but the worst of circumstances. In addition, for maximum discriminability, the ratio of the width of a letter to its height should be approximately 3:5 and the widths of the line segments composing a letter should be 1/6 to 1/8 of their heights (Grether & Baker, 1972, p. 107).

Contrast. Although data concerning the contrast a label should bear with its background are scanty, Grether and Baker (1972, p. 109) suggest that, unless dark-adaptation is required, labels should be black on white matte backgrounds. Of course, coloured labels and backgrounds can be used, but the labels must contrast highly, both in hue and in reflectance, with their backgrounds. The latter, two-difference technique is necessary to aid users with deficient colour vision and to ensure sufficient contrast under widely ranging conditions of illumination.

Discriminability. Selection of a label set whose members are easily discriminated requires consideration first of the operations the labels must represent. Clearly, the best labels for alphabetic and numeric keys are the letters and numbers themselves. Once the alphabetic and numeric keys have been removed from consideration, of course, the remaining single-keystroke operations require discriminable labels. However, as will be seen presently, the number of labels required for these operations influences the selection of an encoding basis in labelling.

There are numerous bases from which a label set can be produced. Those used most commonly include colour, geometric shape, pictorial representation, and the short word.

If keys are labelled by surface colour, only nine easily discriminated labels can be derived and discriminability is affected by room illumination (Grether & Baker, 1972, p. 69). Thus, as the sole basis of a labelling scheme, surface colour is of limited utility (Chapanis & Kinkade, 1972, p. 352).

Geometric forms can be used in two ways. The set of labels may include a number of forms (e.g., circle, triangle, etc.) or it can use one form that is varied parametrically (e.g., from circle to narrow ellipse). Recommended set sizes for such methods are five (Grether & Baker, 1972, p. 69) and five to eight (Muller et al., 1955) elements, respectively.

Pictorial representations can provide large label sets. Unfortunately, they typically require concrete referents and large symbols to be effective; the latter requisite is particularly unfortunate given the size constraints of keypads.

When possible, short words are clearly the best alternative. They permit large, discriminable label sets for a relatively small cost in space [e.g., four letters of the size recommended previously can be placed in an area of 0.15 by 0.50 inches (0.38 X 1.27 cm)].

The Location Process

Once the user has found the label that represents the operation he wishes to select, he must locate the key to which it refers. Clearly, if the labels have been applied directly to the keys, there is no uncertainty about which key to press. If, however, the labels have been placed between the rows of keys, uncertainty in the location process increases to a maximum as the positions of the labels approach the midpoints of the spaces between rows.

To illustrate the point, consider the case in which the labels have been placed between the rows of keys and above the keys to which they refer. If the label sought is in the highest row of labels, the user will experience little uncertainty in determining the key to which it refers; only one key will be above or below the label. If, however, the label is in any other row, it will fall between two keys and, unless the label is clearly nearer the appropriate key, the user will be uncertain of which key the label represents. Unfortunately, the removal of such uncertainty requires relatively large spaces between rows of keys; labels 0.15 inches (0.38 cm) high, for example, might be applied to the lower third of a 0.60 inch (1.52 cm) space between rows.

In summary, labels should be applied directly to the keys themselves. Otherwise, the limited space available in the keypad may be insufficient to permit adequate localization of the keys to which labels refer.

The Keypress

When the user has determined the key he will press, he engages in a visually guided finger movement that, hopefully, culminates in activation of that key. The difficulty of this activity reflects at least three factors: 1) the dimensions of the keys and of the spaces between keys; 2) the spatial arrangement of keys as it relates to the demands of the task; and 3) the physical characteristics of the keys themselves.

Dimensions. For speed and ease in the operation of controls, the precision required should be minimized (Damon et al., 1963, p. 263). In practical terms, this means that both the keys and the spaces between keys should be relatively large.

Although empirical evidence concerning optimum key sizes and spacings is scanty, recommendations abound. For example, Damon et al. (1963, pp. 267,313) suggest that push-buttons should have at least 0.50 inch (1.27 cm) diameters and that, when presses do not form a simple path spatially (e.g., in telephones and keypads), the space between the edges of adjacent buttons should be at least 0.50 inches (1.27 cm). Unfortunately, the situation is not as clear as the Damon et al. conclusion suggests. Dreyfuss (1959) has argued that keys have a maximum width of 0.50 inches (1.27 cm) and a maximum length of 0.44 inches (1.12 cm). And Deininger (1960) has found good keying speeds and low error rates with telephone keys separated by as little as 0.25 inches (0.64 cm). Thus, although the suggestions are somewhat contradictory, rectangular keys 0.50 inches in width and smaller in length with edge-to-edge spaces of at least 0.25 inches seem acceptable.

Arrangement. In operating the Telidon keypad, it is inevitable that the user will press some keys more frequently than others. For example, because Telidon requires a terminator to most commands (the SEND key), this key will be used most frequently. It is critical to the convenience of the user that the keys used most frequently occupy the positions in the keypad that are accessed most easily. Moreover, because the application provides operations that will disrupt the orderly progress of the session if engaged mistakenly (e.g., ABORT OPERATION), it is important that the keys activating such functions are not contiguous with those used most frequently. The latter is necessary to reduce the incidence of serious error as the keys that are used most frequently are also most likely, in the long run, to encounter perceptual-motor error; if disruptive keys are adjacent, they are likely to be activated mistakenly. Finally, because the terminator must follow most commands, it would be convenient if its key were near those that will be used most frequently with it (i.e., the most frequent, terminated operations).

Physical Aspects. The sizes of keys and of the spaces between keys are important considerations in keypad design. However, other physical characteristics of the keys should affect ease and performance in keypad usage. Such characteristics include the force and displacement required to activate the key as well as the extent that the key protrudes above the surface of the keypad.

Clearly, ease and speed of operation will be affected adversely if excessive force or displacement is required. However, the force and displacement necessary should be sufficient to prevent accidental activation. Numerous estimates of optimal forces and displacements have been advanced. Dreyfuss (1959) has recommended forces of 4.1 to 11.0 ounces (116-312 gm) and a displacement of 0.19 inches (0.48 cm). Deininger (1960) found no difference in performance with forces between 3.5 and 14.1 ounces (99 and 400 gm) or displacements between 0.03 and 0.19 inches (0.08 and 0.48 cm), but noted that users preferred the keys requiring lighter touches. In contrast, Kinkead

and Gonzalez (1969) found superior keying rates with relatively low levels of force and displacement; they recommended forces between 0.9 and 5.3 ounces (26 and 150 gm) and displacements between 0.05 and 0.25 inches (0.13 and 0.64 cm). Thus, although the recommendations are somewhat contradictory, a key resistance of about six ounces (170 gm) and a key displacement of about 0.13 inches (0.32 cm) seem reasonable.

Although it is obvious that keys should protrude above the surface of the keypad by at least the displacement required for activation, there are apparently no data to indicate the optimal protrusion. McCormick (1970, p. 617), however, recommends a protrusion of at least 0.13 inches (0.32 cm). Thus, a protrusion equivalent to an acceptable displacement of 0.13 inches would seem appropriate.

An additional consideration deserves mention. Leonard and Newman (1965) have suggested that the presence of sensory feedback from the keypress is critical in the refinement of a keying skill. The travel and resistance of the key and the visual echo on the Telidon monitor would, of course, provide considerable feedback to the user. It may, however, be useful to supplement the feedback with a kinesthethic "snap-action" and an audible click on key activation. Consistent with the suggestion, West (1967) has noted an increase in dependence upon kinesthetic feedback as operators progress to intermediate levels of keying efficiency.

Multiple Keypresses. Occasionally, the user will inadvertently press two or more keys simultaneously. Such multiple presses could arise if the user rested his hand upon the keys or if he were sufficiently inaccurate in a keypress attempt to strike more than one key. Although the likelihood of the former is reduced by sufficient key resistance and that of the latter by appropriate spacing of keys, the problem would be alleviated further if simultaneous key presses were ignored by either the keypad or the device receiving its signals.

What, then, if the inadvertent multiple keypresses were not precisely simultaneous? One would still wish the spurious input to be suppressed but, to accomplish this, one would require a minimum delay between keystrokes before accepting their output.

With such a procedure, the question to the designer is obvious -- how long should the enforced delay be? One wishes to suppress spurious multiple keypresses but not to reject genuine speeded keystrokes. In this context, some early work on the maximum rate at which people can tap a key is illuminating. Miles (1937) reported that subjects can achieve rates upwards of one tap per 71.4 msec. Other sources, however, indicate that rates are somewhat slower. Dvorak et al. (1936) noted a maximum rate of one tap per 232 msec and Smith (1967) pointed out that infrequent users may achieve rates of only one tap per 667 msec. Thus, it appears that enforced delays as short as 50 to 70 msec will not induce the loss of genuine entries. They may, however, reduce errors resulting from inadvertent multiple keystrokes.

It should be noted that the present procedure differs in aim from the interlock/rollover systems used in many applications. Such systems typically preserve keystrokes entered at rates higher than the servicing device can accommodate (see Alden et al., 1972; Davis, 1973). In contrast, the present scheme eliminates inputs at rates higher than the user is likely to produce validly.

Cognitive Concerns

The operator's impressive ability to acquire and retain new information can lead to a cavalier attitude toward the complexity of the processing demands in keyset operation. However, it is critical to the convenience of the user that operation of the keypad is made as simple as possible.

Labels

Because of space constraints, some manufacturers of keysets use single symbols as labels for keys. For keys corresponding to letters or numerals, the single alphabetic or numeric character is clearly the most appropriate. For keys with other referents, however, it is often difficult to derive a symbol that is associated explicitly with the referent. Thus, arbitrary symbols are often used with the implicit assumption that the symbol-referent associations can be learned readily.

The use of arbitrary symbols in keypad labelling has serious consequences, particularly if the keypad is intended for occasional usage. Specifically, it imposes upon the inexperienced user demands in addition to those already presented in learning the syntax of the interaction and the facilities of the system. Thus, if possible, the use of arbitrary symbols as labels should be avoided; instead, the designer should use either symbols explicitly associated with the referent or appropriate short words.

A related problem arises when symbols with explicit associates are used improperly. For example, symbols with spatial referents (e.g., "→" to the right or forward) should refer only to operations that, in the user's conceptualization of the system, result in a compatible change in location. Moreover, there is evidence to suggest that even the direction of the motor activity in responding should be compatible with any spatial associations of a label (see, for example, Fitts & Seeger, 1953). Thus, the use of symbols with explicit associations requires careful consideration of compatibility between symbol and referent and even, in some cases, between finger movement and referent.

Chording

Given the space constraints inevitable in keypads, one may be tempted to reduce the number of keys necessary by permitting either a number of keys pressed simultaneously or, in Telidon, a series of keys pressed before the terminator to define the operation performed. Here, I refer to the case in which the set of keystrokes defines a function that none of the keystrokes suggests individually rather than that in which a modifier is added to an operation. The simultaneous-keystroke procedure is called chording and even its proponents (e.g., Seibel, 1972, pp. 320, 328) admit that it requires considerable training, particularly in learning the "vocabulary" of the coding scheme. Because the latter, sequential scheme is effectively a variant of chording, it is inevitable that it, too, will suffer the need for considerable learning.

To illustrate the problem with the sequential procedure, consider the task confronting the user. To use the sequential facilities properly, he must know first that the operation he desires cannot be specified with a single keystroke and, thus, that a search of the labels on the keypad will not be fruitful. Next, he must recall in order or retrieve from an external source the sequence of keystrokes necessary to select the operation. Finally, he must press the series of keys in proper order, attending to the labels for the selection of keys but ignoring their normal referents. Thus, the sequential procedure is cumbersome and demanding, should not be used if possible, and, if used, should never be required for critical or urgent operations.

Strategic Search

In the earlier treatment of the search process, nothing was said of the role of strategy in search. Yet, it is clear that the experienced user does not search the entire keypad for the label (and key) he desires. Instead, he recalls the approximate location of the key and searches that area for his target. Even the inexperienced or occasional user, however, can use such a strategy successfully if the keys of the keypad are grouped functionally (e.g., numerics together, operations together, etc.)

The search process should be facilitated further if, within groups, keys are arranged in a manner that even the new user expects. For example, Lutz and Chapanis (1955) have demonstrated that, when asked to arrange the digits 0 to 9 within the spaces of a blank 3 X 3 matrix that has an additional outlying position, people tend overwhelmingly to place low numbers at the top and to place the zero in the outlying position. One might suspect, then, that performance with this "expected" arrangement would be superior to that with other configurations. Consistent with the suggestion, Conrad and Hull (1968) found greater speed and accuracy in keying with the "expected" arrangement than with one having high numbers at the top of the matrix. Thus, the search process will be facilitated if keys are grouped by function and if expected arrangements are used within groups.

IMPLEMENTING THE RECOMMENDATIONS

In the preceding section, relevant human-factors literature was reviewed briefly and used to make recommendations concerning keypad design. Some of these recommendations are summarized in Table 1. I will present next a keypad design that satisfies these requirements. The new design does not permit alphabetic input, but an acceptable alphabetic extension will be provided also.

The Nonalphabetic Device

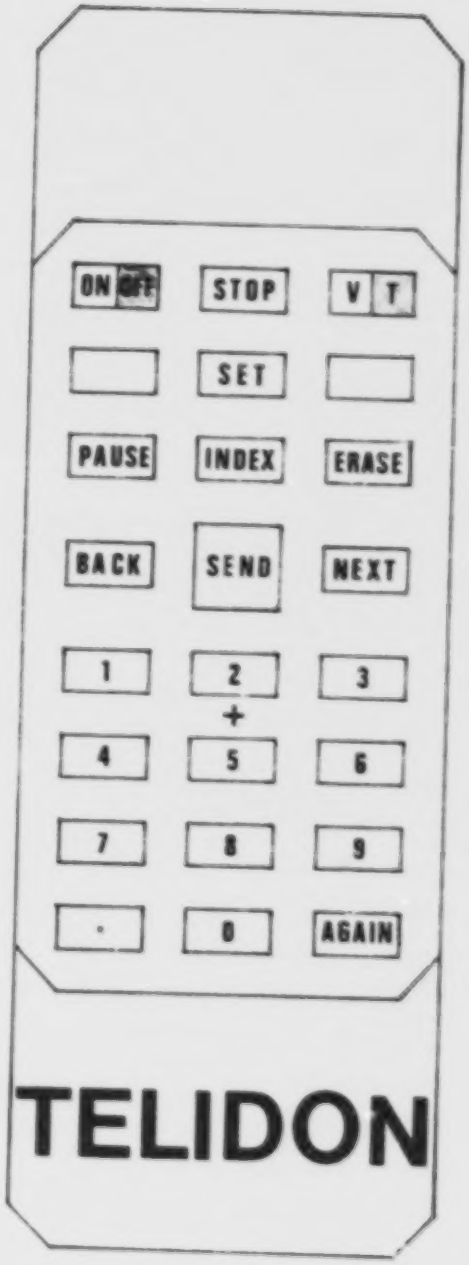
A top view of the proposed keypad is illustrated in Figure 1 together with brief explanations of non-obvious labels. The key-face is shown approximately in actual size.

The keypad is 2.50 inches (6.35 cm) wide. Thus, its width conforms to anthropometric recommendations for the maximum axis-of-grip in both one-handed and two-handed operation. Note, as well, that keys are restricted to three columns and that no key centre is more than 2.00 inches (5.08 cm) from an edge of the unit. Thus, in one-handed operation, no key will be beyond reach from an edge of the unit by any

Table 1

Some Human-Factors Recommendations for Telidon Keypads

Consideration		Recommendation
Keys:		
	width	0.50 inches (1.27 cm), approx.
	length	0.44 inches (1.12 cm), approx.
	edge-to-edge space	0.25 inches (0.64 cm), minimum
	resistance	6.00 ounces (170 gm), approx.
	displacement	0.13 inches (0.32 cm), approx.
	protrusion	0.13 inches (0.32 cm), approx.
Labels:		
	largest dimension - forms	0.15 inches (0.38 cm), minimum
	- letters	0.10-0.15 inches (0.25-0.38 cm)
	placement	on keys
	contrast	black on white
	maximum number - colours	9
	- shapes	5 to 8
	- words	indefinite
The Unit:		
	axis-of-grip	2.50 inches (6.35 cm), maximum
	thickness	0.75 inches (1.91 cm), maximum
	numeric arrangement	standard keyphone
	feedback	snap-action and click
	sequential chording	not recommended
	key-lockout period	50 - 70 msec



LABELS

ON/OFF - Telidon on or off; off terminates session

STOP - clear screen, abort current operation

V/T - select videotex or teletext

SET - followed by other key(s), specifies operations

PAUSE - halt display until SEND is pressed

INDEX - return to immediately superordinate choice page; if pressed twice, return to first choice page

ERASE - delete previous character -- SEND excepted

BACK - return to page viewed most recently

SEND - execute operation

NEXT - advance to next page

AGAIN - transmit present page again; used following a transmission error

Figure 1. An illustration of the nonalphabetic keypad.

but those with the shortest of thumbs. Of course, not all keys can be touched by the thumb from a single resting position; from a single position, fifth percentile females, for example, could touch one or more keys in only seven of the eight rows. Thus, to activate keys beyond reach, the user must either shift his thumb position or use his other hand.

Because the angular mobility of the thumb is greater when moving away from the palm than when moving towards it, the unit should be held during one-handed operation such that the base of the thumb is at or below the centre of the key-face. It follows, then, that lowering the unit's centre of gravity will promote greater stability in one-handed operation. Thus, the centre of gravity of the new unit would be between the "2" and "5" keys; it is indicated in Figure 1 with a "+".

Of the 24 keys in the proposed design, all but one are 0.50 X 0.25 inches (1.25 X 0.64 cm); the remaining key is 0.50 X 0.50 inches. The minimum horizontal or vertical space between keys is 0.25 inches. Thus, the width and spacing of keys conform to the recommendations made previously. The length of most keys is, however, somewhat smaller than the maximum proposed by Dreyfuss (1959); it was reduced to permit greater spaces between keys.

It was recommended previously that the keys that will be used most frequently should be assigned the most accessible positions. In one-handed operation, such positions are near the geometric centre of the key-face and above the unit's centre of gravity. Accordingly, the SEND, BACK, and NEXT operations were assigned the fourth row of keys. Note, as well, that these keys were made more accessible for one-handed or for two-handed operation by increasing either their size or the vertical space between them and their neighbours.

Keys that can disrupt the orderly progress of the session if pressed mistakenly should not be adjacent to those used frequently. Accordingly, AGAIN, STOP, ON/OFF, and V/T are at least two rows distant from SEND, BACK, and NEXT. Although PAUSE, INDEX, and ERASE can disrupt also, they have been placed in a row adjacent to that of the most frequently used keys as they too are likely to be used frequently. However, the vertical spacing between these two rows is greater than is typical in the keypad; center-to-centre distance is 0.63 inches (1.59 cm).

The arrangement of INDEX, BACK, SEND, and NEXT satisfies two further requirements for a good keypad. First, because INDEX, BACK, and NEXT will be among the most frequently used keys and each must be followed by the SEND terminator, the keys that will be used together most frequently are contiguous spatially. Second, assuming the SEND key as origin, the movements required to select BACK, NEXT, and INDEX are reasonably compatible with their referents (conceptually, INDEX is a retreat to a higher choice point; the forward and backward referents of NEXT and BACK are compatible with right and left, respectively).

As recommended, the labels are black and are placed directly upon the keys. Moreover, with the exceptions of the two-toned V/T and ON/OFF keys, all keys are white. Thus, the search process is aided by high contrast between labels and backgrounds and the location process is simplified by the removal of ambiguity in label-key correspondence.

As is evident from the figure, at least five letters of approximately the size recommended can be placed on the surface of a key. With the exceptions of the numeric, ".", and "V/T" keys, all have been labelled with short words explicitly associated with their operational referents. Thus, there should be little difficulty in learning the basic vocabulary of the unit and, consequently, operation by new or occasional users should be facilitated.

It should be noted, however, that the English labelling scheme is something of an optimal case; it is difficult to find semantically equivalent French words that are equally short. With keys 0.50 inches (1.27 cm) wide, only six letters can be placed conveniently on a key. Thus, if short, but acceptable, French words cannot be found, longer words must be either printed with smaller letters or abbreviated. Each option produces undesirable results; smaller letters will be more difficult to discriminate and abbreviations may be more difficult to learn. Of the two options, I recommend abbreviation, provided unique abbreviations are possible.

The numeric keys are arranged in a 3 X 3 matrix with the low numbers at the top and the zero centred below the third row. This arrangement enjoys two advantages. First, data from Lutz and Chapanis (1955) and Conrad and Hull (1968) suggest that it will conform to users' expectations and will yield good keying performance. Second, the arrangement matches that used in the conventional push-button telephone and, thus, will be familiar to many users. Consequently, even inexperienced users will benefit from prior expectations and/or experience during the search process.

The keypad would also implement the enforced keystroke interval recommended previously and follow the suggestions for the displacement, resistance, and protrusion of keys. Feedback would be augmented with a kinesthetic snap-action accompanied by an audible click. Consistent with anthropometric data, the gripping area of the keypad would not be more than 0.75 inches (1.91 cm) thick. Finally, to enhance the visibility of labels when the unit rests upon a horizontal surface, the key-face would be tilted towards the user by about 10°.

In closing, note that none of the urgent or frequently used Telidon operations requires sequential chording in the new keypad. Moreover, the single-keystroke facilities of the keypad can be expanded; two keys are left unassigned. Finally, operations that are neither urgent nor frequently used can be selected using the SET key followed by one or more keypresses.

An Alphabetic Extension

Efficient use of some of the facilities that will be offered by Telidon (e.g., "messaging") requires direct entry of alphabetic characters. Clearly, the keypad presented in the preceding section of the paper does not permit such input. The question, then, is how can alphabetic capabilities be offered in a manner compatible with human-factors recommendations.

For those using the alphabetic facilities extensively, an alphanumeric keyboard is clearly most appropriate; the keyboard offers all the alphabetic, numeric, and punctuational characters required and its layout will be familiar to typists of even modest experience. The Telidon operations could be provided by a separate keypad or by an operations cluster integrated with the keyboard. One could, for example, insert the entire keypad shown in Figure 1 in the same way that the numeric and cursor-control cluster is applied to many keyboards.

Those who will use alphabetic facilities infrequently may be unwilling to accept the cost and bulk of a full-sized keyboard. For such users, one might consider instead a single keypad that offers both the basic Telidon operations and the alphanumeric and punctuational characters required. Unfortunately, such a keypad would likely violate some of the human-factors recommendations presented previously. To illustrate the point, consider the problem of adding 35 to 40 extra characters to the keypad shown in Figure 1; either the size of the unit would have to be increased considerably or the sizes of keys and of spaces between keys would have to be decreased. Another undesirable, but likely, consequence of adding operations would be increased use of the sequential chording procedure.

Perhaps the best way of producing an integrated, alphabetic Telidon keypad would be to miniaturize the augmented keyboard previously described while following the human-factors recommendations

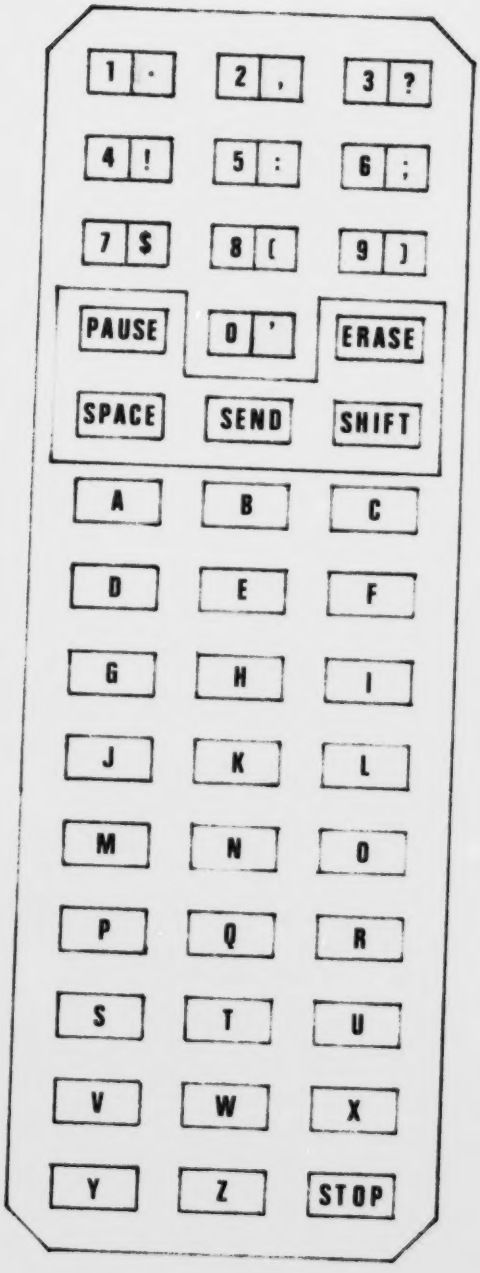
for key sizes and spacings. Clearly, such a unit would be intended primarily for table-top use; if the letters were arranged in the normal, QWERTY fashion and the keys of the basic keypad in Figure 1 were arranged with the Telidon operations cluster beside the numeric cluster, the unit would be at least 13.0 by 2.5 inches (33.0 x 6.4 cm).

Alternatively, one could offer the alphabetic capability in a separate, and optional, hand-held unit. Thus, those users not interested in the alphabetic facilities need not be penalized unneccessarily by the cost and bulk of a full unit and those who will use the alphabetics occasionally need not purchase a unit that is not easily held.

An acceptable hand-held extension that permits direct entry of alphabetic and punctuational input is presented in Figure 2 (Note that the extension is the same size as the basic keypad). Clearly, the unit was designed according to the same principles that guided the design of the basic keypad shown in Figure 1. Consequently, the features the two keypads share will not be dealt with again. Instead, some of the special features of the extension will be examined briefly.

Note, first, that some of the Telidon operations in the basic keypad are repeated in the extension; these operations are those I consider most likely to be needed in using the alphabetic facilities. The PAUSE, ERASE, and STOP keys function as in the basic keypad, but SEND corresponds more closely to the return key of a keyboard.

The keys are arranged in three clusters. The numeric and punctuational cluster takes the standard keyphone format and the punctuational characters are selected by pressing SHIFT followed by the appropriate key. The latter information is reflected in the identical backgrounds of the punctuational and SHIFT labels.



LABELS

PAUSE - halt display until SEND is pressed

ERASE - delete previous character -- SEND excepted

SPACE - insert one blank space

SEND - accept line of text or execute operation

SHIFT - next entry in upper case; used for capitals and punctuation

STOP - clear screen, abort current operation

Figure 2. A viable alphabetic extension to the basic keypad in Figure 1. Note that the unit is the same size as the basic keypad.

The punctuational characters were selected for their prominence in normal English usage. Data from Thurlow (1980) support the selection. He asked keyboard users to list the punctuational and other symbols they felt should be available on keyboards; of the eleven symbols listed most frequently, ten are included in the keypad extension.

Note that the numerics are available on both the basic keypad and the extension. The repetition reflects two considerations. First, numerics will be important for efficient use of such facilities as messaging and it is convenient that the numerics are available on the same unit as alphabetic and punctuational characters. Second, at present, Telidon decoders may treat basic-keypad and alphabetic inputs differently. Inclusion of numerics in the alphabetic extension ensures that a message composed of alphabetic and numeric characters will remain integrated regardless of differences in the treatment of basic-keypad and alphabetic inputs.

The operations cluster includes most of the retained Telidon functions and, in addition, the SHIFT, and SPACE keys. Note that the spatial relations among PAUSE, SEND, and ERASE are the same as in the basic keypad.

In the alphabetic cluster, letters are arranged alphabetically and the STOP key is adjacent to two infrequently used letters, X and Z. Whether the alphabetic arrangement is appropriate, however, is an empirical question. If users estimate the position of a letter on the keypad from its ordinal alphabetic position, the arrangement may be satisfactory; if, however, users begin at the top of the alphabetic cluster and search downward, it may be useful to arrange letters according to their relative frequencies in English and French combined. Specifically, the most frequent letters (e.g., E) would appear at the top of the alphabetic cluster and the least frequent would be placed at the bottom. Thus, for most letter searches, less than half of the alphabetic cluster would be searched before locating the letter required.

In summary, there are several ways in which alphabetic capabilities can be provided for the user without seriously violating human-factors considerations. However, the user should be permitted to decide whether or not he wants such facilities. Given that he does want alphabetics, he should select an alphabetic device according to his needs. If he will use the alphabetic facilities extensively, a full-sized or miniaturized keyboard would seem most appropriate; otherwise, a device like that illustrated in Figure 2 may be sufficient.

THE CURRENT KEYPADS

The forthcoming section of the paper deals very briefly with the four keypads that are available currently for Telidon systems. In turn, each will be examined in light of the human-factors recommendations already presented.

Before continuing, I must point out that the keypads to be reviewed are early production models and, hence, should be viewed only as initial steps in the process of making Telidon a comfortable part of everyday life. I see this paper as an aid to the continued refinement by industry of data-entry devices and procedures.

Nonalphabetic Devices

The Norpak Mark 3 and Bell Vista keypads provide the user with the basic Telidon operations, with the numerics, and with functions that moderate locally the presentation of information on the television screen. Thus, they correspond closely in purpose with the basic keypad presented in Figure 1.

Norpak Mark 3

The key-face of the Norpak keypad is presented in Figure 3. The unit is approximately 3.13 inches (7.94 cm) wide, providing an axis-of-grip larger than was recommended previously for one-handed or for two-handed operation. Moreover, the average thickness of the unit (1.17 in, 2.96 cm) exceeds that recommended for one-handed usage.

LABELS

TV□	- Telidon on/off
V/T	- videotex or teletext
S, R	- unused keys
//	- transmit page again
▨	- abort operation, clear screen
▽	- halt display until is pressed
⌫	- delete entry
⇦	- previous page
⇨	- next page
⇧	- previous choice page; if pressed twice, first choice page
F	- followed by other key(s), specifies operations
□	- execute

Figure 3. A reproduction of the Norpak Mark 3 keypad.

As is clear from the figure, there are two sizes of keys; all are approximately 0.16 inches (0.40 cm) long but their widths are either 0.28 or 0.34 inches (0.71 or 0.87 cm). Thus, the keys are smaller than previously suggested. The minimum spaces between keys, both vertically (0.22 in, 0.56 cm) and horizontally (0.16 in, 0.40 cm) are also smaller than the human-factors literature suggests.

Contrary to earlier recommendations, the labels are placed between the rows of keys approximately at the midpoint of the space between rows, promoting considerable uncertainty about the keys to which more central labels refer. The labels are, however, distinct; they contrast highly with their background and their sizes (letters - 0.12 inches, 0.30 cm; forms - 0.13 to 0.28 inches, 0.32 to 0.71 cm) conform well with previous suggestions.

The reader will recognize one of the symbols used in the Norpak keypad, V/T, as similar to one used in the keypad illustrated in Figure 1. I should point out that my V/T label was taken from the Norpak label; I could find no superior label for the VIDEOTEX/TELETEXT selector. The remaining operation labels in the Norpak keypad, however, are somewhat obscure and require, unnecessarily, learning by the user. The SEND operation, for example, is represented by a white square in the lower right-hand corner of the unit; inexperienced users sometimes complain that it is confusable with the outline rectangle representing the ABORT OPERATION function.

Finally, it should be noted that, although the numeric keys are arranged in the keyphone configuration recommended, the operation keys are scattered about the key-face. The SEND key is placed in the lower right corner of the unit rendering it difficult to access during one-handed operation despite the fact that it will be used most frequently. Similarly, the BACK (←) and NEXT (→) keys, which also will be used frequently, are adjacent to disruptive keys, ABORT OPERATION and REPEAT PAGE, rather than the SEND key which must follow them. Further, note that the SEND, NEXT,and BACK keys are among the smallest in the keypad despite their imminent heavy usage.

Bell Vista

An illustration of the Vista keypad is presented in Figure 4. As the figure shows, the unit is about 2.75 inches (6.99 cm) wide; the axis-of-grip thus conforms roughly to earlier anthropometric recommendations. However, the keys are approximately 0.28 inches (0.71 cm) wide by 0.19 inches (0.48 cm) long, smaller than was recommended previously. The space between rows of keys (0.38 in, 0.95 cm) exceeds the minimum suggested, but that between keys horizontally (0.19 in, 0.48 cm) is somewhat smaller than the human-factors literature endorses.

Previously, it was suggested that labels should be applied directly to the keys unless the space between rows of keys is sufficient to permit clear associations between labels and keys. In the Vista keypad, the latter option has been used successfully. The labels, however, are somewhat smaller than I would recommend. The letters, in lower case, and the numerals are a maximum of 0.09 inches (0.22 cm) high; their heights could be increased to at least 0.13 inches (0.32 cm) without adversely affecting label-key associations.

Consistent with human-factors recommendations, the operation labels in the Vista keypad are short words that refer explicitly to the operations they represent. Thus, use of the unit by new or inexperienced users should be facilitated.

The arrangement of numeric keys follows that used in the standard keyphone and, thus, matches users' expectations and prior experience. The arrangement of operation keys, however, leaves something to be desired. For example, the PAUSE key is in the lowest row of keys. This location is unfortunate for two reasons. First, there is an element of urgency in selection of the PAUSE operation and it would be convenient if PAUSE were closer to the page selection and SEND keys. Second, the PAUSE key is dangerously near the VISTA/TV (sign-off) key. The latter problem is critical because activation of VISTA/TV will terminate the session immediately and misses of the PAUSE key are relatively likely as it will be used hastily and fairly often.

LABELS

send - execute operation

next - next page

back - previous page

delete - erase previous character

retrace - repeat in reverse order last ten pages viewed

origin - restore service directory to screen

repeat - display page again

page # - display page number

function- followed by other key(s), specifies operations

vista/tv- sign-on/sign-off

pause - halt display until pressed again

zoom - expands top or bottom half of page

help - requests user instructions

Figure 4. A reproduction of the Bell Vista keypad.

The arrangement of the RETRACE (repeat in reverse order last 10 pages viewed), BACK, and NEXT operations is less than optimal. An arrangement more compatible with their spatial referents would be, from left to right: RETRACE, BACK, and NEXT. In addition, it should be noted that, with the present arrangement, users with small hands may find it difficult to select RETRACE, BACK, NEXT, and SEND during one-handed usage with the left hand.

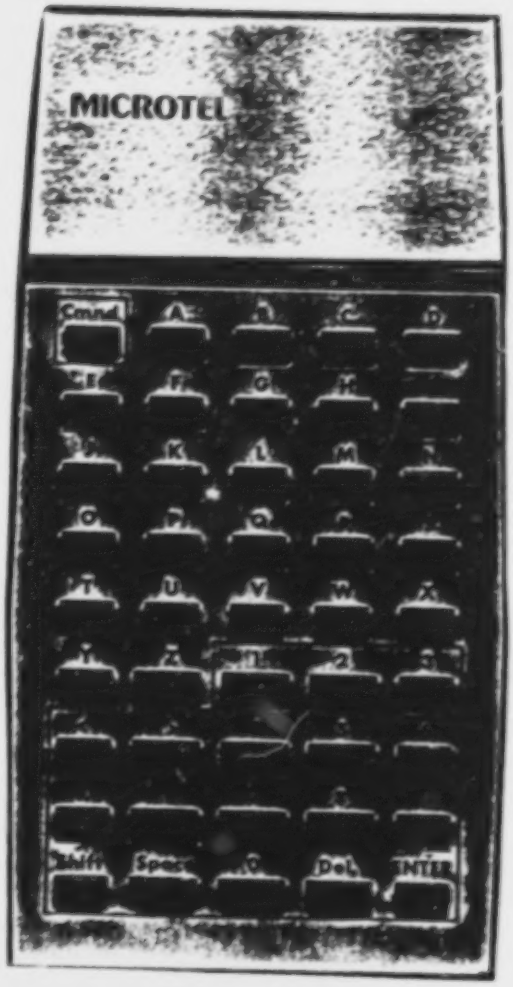
In closing, three additional problems should be mentioned. First, there is no key that returns the user directly to the immediately superordinate choice page unless that page is either the one viewed most recently or the service directory. Second, the Vista guide indicates that the visual feedback on the Telidon monitor does not match the labels of the operation keys. To avoid confusing the inexperienced user, it is critical that visual feedback matches key labels. And, finally, the unit is somewhat thicker (1.19 in, 3.02 cm) than is recommended for one-handed operation.

Alphabetic Devices

In addition to the basic Telidon operations and the numerics, the Microtel and Electrohome keypads permit the entry of alphabetic characters. Because they provide both the basic and the alphabetic facilities in a single device, they face the difficult task of reconciling human-factors considerations for hand-held input devices with the need for more keys. As will be seen presently, the two manufacturers approached the problem differently.

Microtel

The key-face of the Microtel unit is illustrated in Figure 5. The maximum width of the keypad is 3.19 inches (8.10 cm), providing an axis-of-grip larger than that recommended previously. In addition, the average thickness of the unit (1.17 in, 2.96 cm) exceeds that recommended for one-handed operation.



LABELS

Cmnd	- followed by other key(s), specifies operations
<	- previous page
>	- next page
^	- preceding choice page
Shift	- next entry shifted
Space	- insert one space
Del.	- erase entry
ENTER	- execute

Figure 5. A reproduction of the Microtel keypad.

As is clear in the figure, the keys are approximately 0.17 inches (0.44 cm) long and either 0.28 or 0.38 inches (0.71 or 0.95 cm) wide. Thus, the keys are smaller than was suggested previously. In addition, the spaces between keys, both horizontally (0.13 and 0.19 in, 0.32 and 0.48 cm) and vertically (0.20 in, 0.52 cm), fall short of the recommended minimum of 0.25 inches (0.64 cm).

In contrast with previous suggestions, the labels have been placed between the rows of keys at, or near, the midpoint of the inter-row space. Thus, the inexperienced user will likely encounter considerable uncertainty in determining the keys to which the more central labels refer. Moreover, although the labels are sharply defined and contrast highly with their light metallic background, they are smaller (0.06 in, 0.16 cm) than recommended previously.

The operation labels are a mixture of short words, abbreviations, and forms. The words should provide little difficulty for the inexperienced user; they refer explicitly to the operations they represent. The same is true, to a lesser extent, of the abbreviations. Unfortunately, the same is not true of the forms; for example, in the alphanumeric context of the keypad, the NEXT (>) and BACK (<) symbols might suggest "greater than" and "less than" to many users.

The reader will have noticed that many of the operations offered in the nonalphabetic keypads are not evident in the Microtel unit. This absence reflects frequent use of sequential chording in the specification of operations. Recall from the discussion of cognitive concerns that sequential chording is a particularly undesirable option; learning the complicated vocabulary of a chorded unit places considerable demands upon the new user, and maintaining the vocabulary taxes the occasional user.

In the Microtel unit, sequential chording is required to select several of the Telidon operations, virtually all punctuational characters, and a number of local commands (e.g., lock to upper or lower case). It is particularly unfortunate that the PAUSE operation is among those requiring chording; to pause, the user must press SHIFT, then SPACE. Thus, an operation inevitably associated with haste requires two keystrokes for activation.

It is clear that efficient use of the keypad requires extensive learning. In an attempt to alleviate the problem, the manufacturers have summarized some chording sequences on the back of the unit. It should be noted, however, that this summary reduces, but does not remove, the problem.

As the figure shows, there are two functional clusters in the keypad. The numeric keys are arranged in a variant of the standard keyphone layout; the zero is displaced to the left of its normal position. The latter may present some difficulty to users who are highly familiar with keyphones as the DELETE operation occupies the location at which they will expect the zero. The letters are arranged alphabetically, permitting the user to estimate the position of a letter in the keypad from its ordinal position in the alphabet.

The Telidon operations that can be selected with a single keystroke have been placed in the lowest three rows of the unit, adjacent to the numeric keys. Note that the SEND, BACK, and INDEX keys (ENTER, < , and ^ , respectively) are among the smallest in the keypad. Moreover, as with the NEXT (>) key, the horizontal spaces between these keys and their neighbours are among the smallest in the keypad. The resulting difficulty in selecting these keys is unfortunate as they, and in particular the ENTER key, will be used heavily during normal operation. Finally, the ENTER key is in the bottom right corner of the unit, adjacent to the DELETE key. Thus, it is not only separated from the keys it will follow most frequently (> and <), it is also adjacent to a potentially disruptive key.

Electrohome

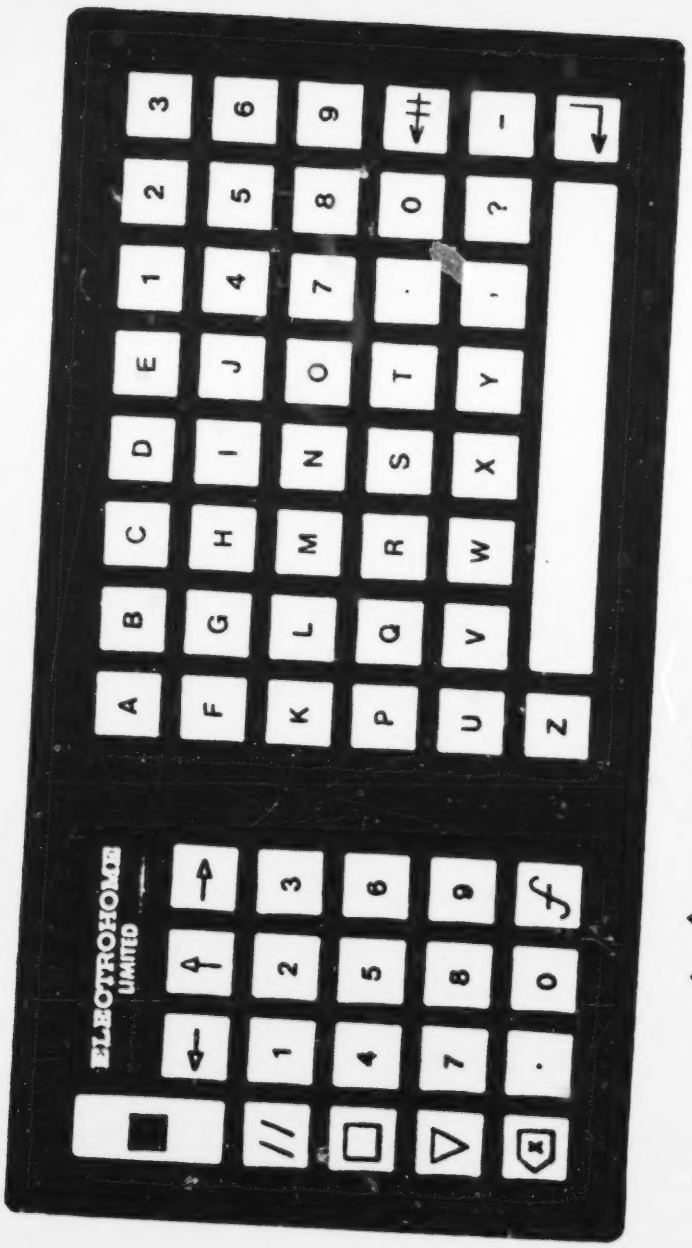
The key-face of the Electrohome keypad is illustrated in Figure 6. The key-face is 2.88 inches (7.30 cm) long and 6.38 inches (16.19 cm) wide; the unit itself is 4.13 inches (10.48 cm) long and 9.13 inches (23.18 cm) wide.

All but two of the keys are square with 0.38 inches (0.95 cm) to a side. The exceptions are the SEND and SPACE keys. The SEND key is 0.88 inches (2.22 cm) long and 0.38 inches (0.95 cm) wide; the SPACE bar is 0.38 inches (0.95 cm) long and 2.88 inches (7.30 cm) wide. The lengths of the keys (SEND excepted) conform roughly with the recommended 0.44 inches (1.12 cm). Unfortunately, the widths of the keys (SPACE excepted) fall short of the suggested 0.50 inches (1.27 cm). The space between keys (0.13 in, 0.32 cm) is also less than the human-factors literature suggests. The reduced widths of the keys and the sub-optimal spacing between keys may create problems if keying is less than completely accurate.

Consistent with previous suggestions, the labels have been applied directly to the keys and they contrast well with the white surfaces of the keys (labels for numeric and operations keys are black; those for the remaining keys are brown). Thus, the search process is aided by high contrast between labels and backgrounds and the location process is facilitated by the removal of ambiguity in label-key correspondence.

The letters and digits used as labels are 0.09 inches (0.24 cm) high, somewhat smaller than recommended. However, the sizes of the forms used as labels conform well with suggestions from the human-factors literature (minimum height or width is 0.19 inches, 0.48 cm).

The keys are arranged in two clusters that are separated by a space 0.63 inches (1.59 cm) wide. Basic operations and numerics are at the left and alphabetic, numeric, punctuational, and "carriage control" keys are at the right.



LABELS

■ - execute operation

⇦ - previous page

⇧ - previous choice page

⇨ - next page

// - transmit page again

□ - clear screen; abort

▽ - halt display temporarily

⌫ - delete entry

f - followed by other key(s), specifies operations

⇤ - backspace

↵ - return

Figure 6. A reproduction of the Electrohome keypad.

The letter keys are arranged alphabetically from left to right and from top to bottom. Thus, users can estimate the position of a letter on the keypad from its ordinal position in the alphabet. Both numeric groupings follow the standard keyphone arrangement, one that is familiar for many users.

Clearly, the unit cannot be grasped across its nine-inch width; equally, it cannot be held conveniently across its four-inch length. For hand-held use, the designers have molded a handle to the left size of the keypad. Although the handle is sufficiently thin for a comfortable grip (minimum thickness: 0.63 in, 1.59 cm; maximum thickness: 1.00 in, 2.54 cm), its location is not appropriate for left-handed users. Moreover, it is unlikely that a grip at one end of the unit will be sufficient both to support and to stabilize the unit during keying.

In closing, several additional points deserve mention. First, the presence of two numeric clusters (one for basic operations and one for alphanumeric data entry) will confuse inexperienced users. Second, few punctuational characters are offered; more could be added with the technique used for the alphabetic keypad extension (Figure 2). And, finally, the displacement of the keys is considerably less (0.03 in, 0.08 cm) than the human-factors literature endorses. With the high resistance of the keys, this will make accurate and speeded keying difficult for the user.

CONCLUDING COMMENTS

Initially, the paper surveyed some human-factors and anthropometric literature relevant to the design of hand-held input devices and made specific recommendations for the design of Telidon keypads (see Table 1). These recommendations were implemented in proposals for a basic Telidon keypad (Figure 1) and for an optional extension that permits alphabetic input (Figure 2). Finally, four Telidon keypads that are available currently were examined critically in light of the design recommendations adapted from the literature.

Some may think that I have been too critical in evaluating the current keypads. However, the purpose of the paper is to point out potential difficulties in keypads and to provide specific guidelines so that these problems can be corrected.

It is often assumed that discrepancies between keypad characteristics and human-factors recommendations are unimportant as users can learn to operate a device regardless of its design. This assumption has two drawbacks. First, it does not acknowledge a distinction between the user's ability to adapt and his willingness to do so. With a new technology that we hope will become an integral part of everyday life, we cannot ignore this distinction; interaction in Telidon must not be compromised excessively by weaknesses in the designs of user devices. Second, the attitude ignores the fact that, although users can learn to operate virtually any device, the time required to become proficient in its use is affected greatly by the design of the unit.

The four Telidon keypads differ considerably in size, in the labelling and arrangement of keys, and even in the facilities they offer. Thus, users will find it difficult to alternate between units.

A similar problem exists with the British Prestel system. A recent article indicates that, at present, there are ten different keypads available to Prestel users [Viewdata and TV User, 1979, Vol. 1(4), pp. 24-25]. The problem of incompatibility for the user is sufficiently pronounced that, in a survey of user issues in Prestel, Sutherland (1980, p. 41) has suggested that the British Post Office should establish a mandatory keypad design.

In closing, I hope that the recommendations and designs presented in the paper will prove useful to designers of keypads for Telidon. And, once again, I would like to stress that the convenience of the user, especially the new user, must guide the development of man-machine systems.

REFERENCES

Alden, D.G., Daniels, R.W., & Kanarick, A.F. Keyboard design and operation: A review of the major issues. Human Factors, 1972, 14, 275-293.

Chapanis, A., & Kinkade, R.G. Design of Controls. In H.P. Van Cott & R.G. Kinkade (Eds.), Human engineering guide to equipment design (Rev. ed.). Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1972.

Conrad, R., & Hull, A.J. The preferred layout for numeral data-entry keysets. Ergonomics, 1968, 11, 165-173.

Damon, A., Stoudt, H.W., & McFarland, R.A. Control layout. In C.T. Morgan, J.S. Cook, A. Chapanis, & M.W. Lund (Eds.), Human engineering guide to equipment design. New York: McGraw-Hill, 1963.

Davis, S. Keyswitch and keyboard selection for computer peripherals. Computer Design, 1973, 12, 67-77.

Deininger, R.L. Human factors engineering studies of the design and use of pushbutton telephone sets. Bell Systems Technical Journal, 1960, 39, 995-1012.

Dreyfuss, H. Anthropometric data. New York: Whitney Publications, 1959.

Dvorak, A., Merrick, N.F., Dealey, W.L., & Ford, G.C. Typewriting behavior: Psychology applied to teaching and learning typewriting. New York: American Book, 1936.

Fitts, P.M., & Seeger, C.M. S-R compatibility: Spatial characteristics of stimulus and response codes. Journal of Experimental Psychology, 1953, 46, 199-210.

Fogel, L.J. Biotechnology: Concepts and applications. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1963.

Garrett, J.W. The adult human hand: Some anthropometric and biomechanical considerations. Human Factors, 1971, 13, 117-131.

Grether, W.F., & Baker, C.A. Visual presentation of information. In H.P. Van Cott & R.G. Kinkade (Eds.), Human engineering guide to equipment design(Rev. ed.). Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1972.

Kinkead, R.D., & Gonzalez, B.K. Human factors design recommendations for touch-operated keyboards - final report (Document 12091-FR). Minneapolis: Honeywell, 1969.

Leonard, J.A., & Newman, R.C. On the acquisition and maintenance of high speed and high accuracy in a keyboard task. Ergonomics, 1965, 8, 281-304.

Lutz, M.C., & Chapanis, A. Expected locations of digits and letters on ten-button keysets. Journal of Applied Psychology, 1955, 39, 314-317.

McCormick, E.J. Human factors engineering (3rd ed.). New York: McGraw-Hill, 1970.

Miles, D.W. Preferred rates in rhythmic response. Journal of General Psychology, 1937, 16, 427-469.

Muller, P.F., Sidorsky, R.C., Slivinske, A.J., Alluisi, E.A., & Fitts, P.M. The symbolic coding of information of cathode ray tubes and similar displays. Report No. WADC-TR-55-375, 1955, Wright Air Development Center, Ohio.

Muter, P. Human factors of the Norpak Mark II keypad. Memorandum, Communications Canada, August 27, 1980.

Seibel, R. Data-entry devices and procedures. In H.P. Van Cott & R.G. Kinkade (Eds.), Human engineering guide to equipment design (Rev. ed.). Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1972.

Smith, W.A. Accuracy of manual entries in data-collection devices. Journal of Applied Psychology, 1967, 51, 362-368.

Steedman, W.C., & Baker, C.A. Target size and visual recognition. Human Factors, 1960, 2, 120-127.

Sutherland, S. Prestel and the user: A survey of psychological and ergonomic research. Report for the Central Office of Information, British Post Office, May, 1980.

Thurlow, W.R. Studies on hand-held communication device for the deaf and speech impaired 2. Keyboard design. Ear and Hearing, 1980, 1, 141-147.

West, L.J. Vision and kinesthesis in the acquisition of typewriting skill. Journal of Applied Psychology, 1967, 51, 161-166.

THE PROBLEM OF USER ERRORS CAUSED BY LONG VIDEOTEX PAGE NUMBERS

ERIC LEE

1982

Behavioural Research & Evaluation Division
Department of Communications
Ottawa, Canada

THE PROBLEM OF USER ERRORS CAUSED BY LONG VIDEOTEX PAGE NUMBERS

Abstract

All videotex information retrieval methods except keywords require the use of page numbers for the identification, storage, and retrieval of information. For direct page requests in tree retrieval systems, on-line directories, and paper directories, users must key in long page numbers on a keypad or keyboard to retrieve information of interest. As videotex databases increase in size, the number of digits in the page numbers will increase correspondingly. The problem for the videotex user is that, as the page numbers get longer and longer, the probability of entering a page number incorrectly increases. To the user such errors can be time consuming, costly, and frustrating. The purpose of the present report was to explore the nature and seriousness of the problem of long page numbers for videotex users. This problem was examined in the light of the available literature. Since no empirical studies on videotex page numbering could be found, the present literature review was confined to an examination of very similar problems such as long telephone numbers. Analysis of this literature suggested that long page numbers could potentially be a serious problem for videotex users, particularly as the number of digits in a page number exceeds seven or eight. However, the literature also suggested that the number of user errors could be reduced by as much as 50% or even more by grouping digits in triplets within each page number and separating the groups within a page number by blank spaces. On the basis of the evidence presented in this report, several recommendations are made:

1. Digits in all videotex page numbers should be grouped in triplets. (Although grouping by 3s was best overall, grouping by 4s was frequently almost as good.)

2. Groups of digits should be separated by a blank space.

These recommendations apply to the printing of videotex page numbers in paper directories and indexes (similar to the "yellow pages"), to the display of page numbers in on-line directories and indexes, to the display of page numbers on the index and document pages in the tree structure, as well as to the echo of the user's page request on the display screen.

INTRODUCTION

A new two-way communications technology called videotex has been developed within the last five or six years. One of the primary functions of any videotex system such as Telidon, Prestel, or Antiope is to provide access to a wide range of information stored in computer databases to anyone owning an ordinary TV set and a videotex terminal. There are many different ways for users to retrieve information on videotex systems - hierarchically organized tree structures (i.e., multiple-choice menu pages), paper directories, on-line directories, and keywords. Currently, all videotex systems provide tree structures for retrieving information. Eventually most videotex services will likely provide either on-line or paper directories if only because they provide an alternative method to the ubiquitous tree for retrieving information. At present, Prestel provides the user with a paper directory (similar to the yellow pages or to a dictionary) in addition to the tree. A videotex user can retrieve any information of interest using a numeric keypad (which resembles a simple hand calculator). Any given page of information can be retrieved directly by keying on the keypad the "page" number given in the directory.

All retrieval methods with the possible exception of keywords require the use of page numbers for the identification, storage, and retrieval of information. As videotex databases increase in size, the number of digits in the page numbers will necessarily increase as well. Commercial sized databases could have anywhere from 10-20 levels in the tree, or correspondingly, 10-20 digits in a page number. Similarly, databases based entirely on directories for retrieval (that is, without the use of a tree structure) will, of necessity, require page numbers of approximately the same magnitude as the number of levels in the trees, 10-20 digits.

The problem for the videotex user is that, as the page numbers get longer and longer, the probability of entering the page number incorrectly on the keypad or the keyboard increases. Although it only takes a few seconds to read a number from a directory and then key it in, most people cannot remember even 6 or 7 digits correctly much less 15 to 25 for this brief duration of time. Often the user will be completely unaware of the error. This is a very common problem in long telephone numbers where people often invert the order of a pair of digits without realizing it. Two possible consequences of an incorrectly keyed number are that the user may be charged for accessing the page (either directly for the page of information itself or for connect time and telephone charges), and the user will waste some of his own time since he must reenter the page number to retrieve the correct page. Even if the user detects that an error has been made before transmitting the number, time will be wasted in reentering the page number. In either case the user is likely to experience frustration whenever an error occurs.

It is important to note that the problem of long videotex page numbers does not really exist when users retrieve information by making a series of selections on successive index pages using the tree structure. A tree structure enables the user to retrieve information without ever having to key in a number with more than one digit. Information stored on pages with long videotex page numbers can be retrieved by a succession of single digit entries. In such a case there is very little likelihood that a user would enter an incorrect digit, and the consequences of such an action would probably not be too serious. Direct entry of long page numbers is a much more difficult task.

The purpose of the present report is to explore the nature and potential seriousness of the problem of long page numbers for users of videotex information retrieval systems. This problem is examined and its magnitude estimated in the light of the available literature. Only a single study was found in the literature that discussed the

problem of user errors caused by long videotex numbers. Although Sutherland (1980) reported that "users make a great many mistakes in keying long page numbers", no empirical data was presented to support this contention. Since no empirical studies on videotex page numbering could be found, the present literature review was confined to an examination of very similar problems such as that encountered with the dialling of long telephone numbers. On the basis of this analysis, recommendations are made for information providers and database software developers on the grouping of digits in videotex page numbers.

Natural Grouping

The subjective grouping of digits in long numbers was first noted in the early work on memory span. The memory span for digits is the highest number of consecutively correct digits that a person can remember 50% of the time. Several early investigators (Miller, 1922; Jones, 1925; Easby-Grave, 1924) reported the subjective grouping of digits by subjects whose task was to remember a long number, usually presented aurally with pauses of equal length between each digit. Grouping occurred not in the original presentation of the long numbers but in the subjects' recall. Oberly (1928) speculated that such grouping might be a strategy employed by subjects to increase their ability to remember the long numbers. In a memory-span experiment, Oberly presented sequences of digits aurally and required his subjects to write the numbers down and then to indicate any "grouping of digits by means of brackets or spaces". The median memory span for those numbers which subjects reported no attempt at grouping was 4.09 digits which was less than half the median memory span of 8.70 for all numbers, grouped and ungrouped. Thus grouping appeared to enhance significantly the ability to recall long numbers. The introspective comments of the subjects indicated that all of them attempted to group the digits within a number to facilitate recall. From Oberly's account of their introspective comments, the most frequently used groupings were 3's and 4's, although groups of 2's and 5's were also used at times by some subjects. Martin and Fernberger (1929) found that, over 4 months of testing, memory span improved markedly only after each of the two subjects attempted grouping the digits. The improvement was "based on the development of more efficient methods of grouping". The two subjects gradually increased the size of group employed until they were grouping in 5's. Grouping successfully by 5's only occurred after months of practice. Overall, memory span was improved by almost 40% in one case and 50% in the other by grouping.

When individuals memorize, repeat, or copy long sequences of items, they show a marked predisposition for breaking the sequences into smaller groups. Spontaneous grouping of this kind is called "natural" grouping. In natural grouping the individual imposes structure on an unbroken sequence of items by organizing the items into groups. Presumably such imposed groupings enable the individual to better accomplish task objectives such as remembering the sequence more accurately.

Several investigators have observed this phenomenon of "natural grouping" for long sequences of digits (Conrad & Hille, 1957; Crannell & Parrish, 1957). In a systematic investigation of the effect of the natural grouping of digits, Thorpe & Rowland (1965) found that unbroken sequences of 8, 9, and 10 digits presented on cards were spontaneously broken up into a very small number of different patterns by people when giving verbal reports. In fact, for over 98% of the numbers presented, some form of spontaneous grouping was employed. The three most frequently employed patterns for 7 digit numbers were 3-3-1 (31%), 3-4 (25%) and 3-2-2 (19%), while for 8 and 9 digit numbers the most frequent natural groupings were 3-3-2 (68%) and 3-3-3 (88%), respectively.

These results show that, rather than some specific type of grouping such as subdividing a given number into two equal-sized groups being preferred, it is a specific subgroup size which appears to be most natural. The most natural subgroup size is three digits. Subgroups of size 1, 2, and 4 are employed much less frequently. People seem to reduce each sequence to a set of groups of size three plus a subgroup for the remainder of the digits (for example, 3-3-1, 3-3-2, 3-3-3).

The most natural or frequently occurring patterns employed by the subjects in the Thorpe et al. experiment were also the best remembered. People made significantly fewer errors in reporting the long numbers when they employed a natural (that , the most frequently employed type of grouping), rather than an unnatural, grouping.

In contrast to the Thorpe and Rowland (1965) investigation of natural grouping, Schoeffler (1967) investigated the phenomenon of grouping by studying the number of digits that an individual would attempt to remember between glances at long telephone numbers. Subjects in his experiment were presented with 7, 10 and 17-digit telephone numbers to dial. All digits were printed in a continuous string with no separators between any of the digits. His subjects were not allowed to view the long number and dial simultaneously. Thus, they had to view the number, dial some of the digits from memory, then look at the number again, and so on. Grouping was defined by points at which a person referred again to the display. Thus the first group was the set of digits dialled before referring to the displayed number again. The second group was the set of digits between the second and third referrals, and so on. The 7-digit numbers were most often all grouped together (over 55%). Patterns of 3-4, 4-3 and 5-2 were used for about 10% of the 7-digit numbers. For 10-digit numbers the pattern 6-4 was most frequent (50%) followed by 5-5 (about 20%) and 7-3 (about 15%). For 17-digit numbers, the most common grouping pattern was 6-6-5 (45%). For both 10 and 17-digit numbers the most preferred group size by far was six. The virtual absence of groups of size 6 for 7-digit numbers probably represents the avoidance of groups of size 1. Groupings of size 3 to 8 did not differ markedly in the average "look up time" per digit. Groupings of size 1 or 2 or over 8 were much longer and, therefore, much less efficient. In a similar study, Deininger (1960) reported that approximately half of his subjects preferred when dialling to break 7-digit phone numbers into 2 or more groups by referring back to the printed number more than once.

Schoeffler's (1967) and Thorpe and Rowland's (1965) results suggest that people employ two different grouping operations when working with long numbers. The work of Thorpe and Rowland shows that people prefer to break longer numbers up into natural groups of size 3, presumably to facilitate memory and rehearsal. Schoeffler's results indicate that people prefer to store groups of size 6 in memory before dialling. Although these two studies do not provide the pertinent information, it is probable that people prefer to break long numbers up, first, into subgroups of size 3 to facilitate remembering them and then remembering two groups of size 3 long enough to dial the 6 digits. The results of these two studies provide strong support for breaking videotex page numbers into groups of digits. They are not conclusive, however, for the real issue is whether pregrouping digits in long videotex page numbers can reduce the frequency of user errors. Several studies addressing this issue will be discussed next.

The Effect of Pregrouping On Recall

Wickelgren (1964, 1967) investigated the effects on short-term memory of different methods of grouping digits in long numbers. He hypothesized that different methods of grouping have different effects on memory (and, therefore, on the number of errors committed) because different grouping methods induce people to use different rehearsal strategies that produce differential performances on the tasks performed in studies such as those by Severin et al. (1963) and Konz et al. (1968).

Rehearsal in small groups can make it easier to remember long numbers long enough to dial the number correctly, or to write it down, or to enter it on a keyboard. In the first experiment (Wickelgren, 1964), subjects were instructed to rehearse the digits in each number presented in groups having exactly 1, 2, 3, 4, or 5 digits (insofar as each long number could be subdivided into the requisite size subgroups). The numbers varied in length from 6 to 10 digits and were presented to subjects using a tape recorder. The task for each subject was simply to write down the single number just heard.

Most pertinent to the present investigation is his analysis of errors of "ordered recall". The subject's report of a sequence was correct if and only if all digits in the sequence were recalled in the correct order. By this criterion rehearsing in 3's was optimal, but rehearsing in 4's was almost as good. The error rate for each condition was approximately 42% for 1's, 46% for 2's, 33% for 3's 34% for 4's and 41% for 5's. These results provide additional support for the proposition that the optimal method for grouping digits is in groups of size three.

Wickelgren (1967) improved upon his first experiment (Wickelgren, 1964) by obtaining an independent estimate of the optimum method of grouping for long numbers of three different lengths: 8, 9 and 10 digits. The results were highly similar to the first experiment in that grouping, or rehearsing, in 3's was optimal for numbers of length 8, 9 or 10. Grouping in 3's was superior to all other methods including 4's except for numbers with 10 digits in which case there was no difference between 3's and 4's. This second experiment provides additional support for the superiority of triplets as the method of grouping. "Furthermore, there appears to be no significance for memory performance of the greater "naturalness" of dividing a list of eight items into two groups of four or of dividing a list of 10 items into two groups of five." However, these experiments leave open the possibility that dividing up numbers with 10 digits or more is optimized with groups of size four. The data provided by Wickelgren in his second experiment (1967, see his original Figure 1) show that grouping in 4's improved as the number of digits in the number increased from 8 to 10.

Martin, Morton, and Ottley (1977) report several experiments on short digit strings. In one experiment three patterns of 3-digit numbers were presented to subjects: a group of 3 (for example, 912), a space between either the first and second digit or between the second and third digit (for example, 96 4 and 8 31), a hyphen between either the first and second or the second and third digits (for example, 96-4

and 8-31). The 3-digit numbers were presented on the screen one at a time. After each presentation subjects were required to recall each 3-digit string by writing it down and leaving out separators (space or hyphen). Response time was significantly faster for the no-separator (3) condition. Although the no-separator condition also had the fewest errors, the differences between conditions were not significant. Thus, the Martin et al. experiment provides further support for the present thesis that the optimal size for grouping digits in long numbers is triplets.

Although most investigators have manipulated the size of grouping by inserting spaces between groups of digits in a horizontal sequence of digits, Mayzner and Gabriel (1963) varied grouping size by varying the number of digits per line. They employed six different organizations of 12-digit numbers in their experiment: 12 digits in a column, 6 lines of 2 digits each in a column, 4 lines with 3 digits each, 3 lines with 4 digits each, 2 lines with 6 digits each, and 1 line of 12 consecutive digits. The type of grouping had a significant effect on the number of digits recalled correctly in their proper positions. Performance was best for the two groups of 6 digits each. It is not clear from their article, however, whether 2 groups of 6 digits was significantly better than 3 groups of 4 digits each. Mackworth (1962) reported similar results. Retention improved as the number of digits displayed simultaneously increased.

Pollack, Johnson, and Knaff (1959) reported an experiment on the effect of grouping digits in auditory presentations of long numbers. The size of grouping was varied from 1 (no grouping) to 6 digits; for example, a grouping of size 3 was read as: 542 (pause) 219 (pause) 862. At the end of the presentation of all digits in a number, subjects were asked to recall the number from memory. Groupings of size 4 had the highest digit spans (digit span is the highest number of consecutively presented digits that a subject can remember correctly). Grouping in 4's was significantly better than all other

methods of grouping except in 3's. Although the auditory presentation situation is quite different from the type of situation most likely to occur with videotex page numbers (namely visual presentation of numbers), Pollack's results support the general superiority of grouping in 3's or 4's.

Long Telephone Numbers

The problem of telephone numbers is very similar to the problem encountered in videotex page numbering. When using a telephone directory, people must remember the telephone number long enough to dial it correctly on the telephone set. Telephone numbers are as long as most videotex page numbers are today, although videotex numbers will probably increase in length in the near future. Local telephone numbers in North America are 7 digits long while international long distance numbers can require the dialling of up to 12 digits on the public network (CCITT) and up to 13 digits on the Canadian federal government network.

The task of remembering a telephone number long enough to dial it correctly is quite similar to the the task of remembering a videotex page number long enough to enter it correctly on either a keypad or a keyboard. Therefore, investigations of long telephone numbers are quite pertinent to the present problem of long videotex page numbers.

Remembering even short telephone number long enough to dial them correctly is a difficult task for most people. Conrad (1958) found that even experienced telephone operators made mistakes on an average of 46% of 8-digit phone numbers when the numbers were played to the operator on a tape recorder. Adding the constant prefix digit 0 to the 8-digit numbers resulted in an average error rate of over 60% (the standard prefix 0 was often used in Britain for trunk lines).

In a summary of reseach on telecommunication, Conrad (1960) noted that grouping digits significantly reduces the number of errors in dialing long telephone numbers. He reported that the optimum size of group is three or four digits. However, no empirical data was presented.

In a systematic study of several hundred telephone operators in Great Britain, Conrad and Hille (1957) found that only 70% of all 8-digit numbers were recalled correctly. Performance was even worse for longer numbers: 56% of the 9-digit and 46% of the 10-digit numbers were recalled correctly. Surprisingly, most operators believed that they had remembered correctly when they were actually wrong. A frequent undetected form of error was the transposition or inversion in the order of two digits.

In their early experiments on memory for long telephone numbers, Conrad and Hille (1957) found that many telephone operators would try to break the long 8-10 digit numbers up into smaller groups of digits to make them easier to remember. To explore the effect of grouping on remembering long telephone numbers, they broke 9-digit numbers up in 4 different ways. The pregrouped numbers were printed on cards and read by the operators before dialing. Performance was best (most correct recalls) when the digits were broken down in two sub-groups. Unfortunately, the authors did not publish the percentage of long numbers correctly recalled for each type of grouping. It is, therefore, impossible to determine whether breaking a long number up into three sub-groups was only a little worse or much worse than two sub-groups.

There are two other problems with generalizing from Conrad and Hille's results for telephone numbers to videotex page numbers. First, they presented only 9-digit numbers to the telephone operators whereas in videotex the number of digits could exceed 15. Second, it is not clear from their study whether the breaking up of a long number into two (approximately equal-sized) sub-groups produces optimal recall because: (a) the breaking up of any sized long number (say 24 digits) into two sub-groups is optimal; or (b) the breaking up of any

sized number into sub-groups containing 4 or 5 digits each is optimal. The number of digits in the long telephone numbers must be systematically varied to test between these alternative interpretations. Several more recent studies have systematically varied the number of digits.

In a related study of the effect of digit grouping on memory for telephone numbers, Severin and Rigby (1963) presented four different patterns of 7-digit numbers. Each pattern consisted of groupings of digits separated by hyphens: 3-4, 1-3-3, 2-2-3 and 1-2-2-2. Each 7-digit number was presented in written form for four seconds after which subjects were asked to lift a telephone receiver and dial the number. The task is quite realistic and is similar to the task performed by videotex users who study a page number for a few seconds before typing in the entire number on a keyboard from memory. The 3-4 pattern was significantly better (fewer errors) than the other three patterns whose results did not differ from one another. From Figure 1 in their article, the percentage of 7-digit numbers dialed that were completely correct for each pattern was as follows: 3-4 (67.5%), 2-2-3 (60.2%), 1-2-2-2 (59.3%) and 1-3-3 (57.0%). Thus, the way in which digits are grouped in long numbers has a significant effect on the number of errors.

Overall the number of errors was relatively high. Even for the optimum pattern of grouping digits, subjects made at least one error on almost one-third of all the telephone numbers attempted. The implication for videotex is that the entry of even longer page numbers could prove to be a serious and frustrating problem for the user who attempts to remember the entire number long enough to type it all in. Of course, some users will choose to look back at the number several times throughout keying. This situation is discussed in a later section of this report.

There are several limitations to the Severin and Rigby study, however. First, only 7-digit numbers were presented in their experiment, so it is difficult to extrapolate the results to longer numbers. For example, on the basis of only their data, it is impossible to know whether longer numbers should be broken up into two approximately equal-sized groups or whether longer numbers should be divided into subgroups of size three or four. Second, of the three most frequently employed natural groupings of 7-digit numbers found by Thorpe et al. (1965), 3-3-1, 3-4, and 3-2-2, only the 3-4 pattern was presented to subjects in the Severin and Rigby experiment. If these two alternative "natural" groupings of digits had been included in their experiment, they may have proved to be as good as or even better than the 3-4 pattern. Therefore, their conclusion that the optimal method of grouping 7-digit numbers is 3-4 must be considered suspect until the alternative natural groupings of 3-3-1 and 3-2-2 are tested. Third, unbroken sequences of 7-digits were not included in their experiment as a baseline against which to compare the other patterns of grouping. Therefore, it is not clear from their results alone whether the 3-4 pattern of grouping is really superior to an unbroken sequence of 7 digits.

Konz, Brown, Jachindra and Wichlan (1968) conducted a similar study to that of Severin and Rigby. In the Konz et al. experiment, five different patterns of 9-digit numbers were presented: 3-3-3, 3-4-2, 4-5, 2-2-2-2-1, and 9. Hyphens separated the subgroups of digits in each number. Each 9-digit number was presented on a slide for approximately 5.4 seconds before the subject was asked to write the single 9-digit number down on a piece of paper. The 3-3-3 and 3-4-2 patterns had significantly fewer errors than all other patterns and the results for the two patterns did not differ significantly from each other. All four methods of grouping were significantly better than the baseline condition of 9 which had no groupings. In the total of 240 numbers of each pattern presented, the number of errors per pattern was 443 for 3-3-3, 447 for 3-4-2, 514 for 4-5, 541 for 2-2-2-2-1, and 630 for the 9 pattern. In their analysis, Konz et al.

counted each incorrect digit in a number as an error. Therefore, their error data cannot be compared directly to that of Severin and Rigby (1963) who counted the number of 7-digit numbers having one or more errors.

The Konz et al. study avoided two of the limitations of the earlier Severin and Kigby (1963) study. First, Konz et al. included the unbroken sequence of digits as a baseline against which to compare the effectiveness of the various methods of grouping. Second, the set of alternative patterns presented to subjects in the Konz et al. study included the most frequently occurring "natural" grouping: 3-3-3. One limitation of their study is, however, the use of only 9-digit numbers.

Konz et al. also performed an additional experiment on 7-digit telephone numbers, but it is not directly comparable to their 9-digit experiment. In the 7-digit experiment they found no significant differences between the patterns 3-4 and 3-2-2 and several variations on these two basic patterns using emphasis (bold-faced type) for some of the digits.

Heron (1962) reports a partial replication of the Conrad (1960) experiments using 8-digit telephone numbers. In Heron's experiment the 8 digits were presented in one of two ways: serial auditory presentation or simultaneous visual and auditory presentation. Many of the subjects grouped the digits spontaneously during vocal rehearsal. The majority grouped the digits into two groups of size 4. Grouping in 4s during vocal rehearsal significantly increased the number of 8-digit numbers dialled accurately for both auditory and simultaneous auditory and visual presentation. The other patterns of grouping were employed relatively infrequently.

In an extensive investigation of the effect of grouping printed digits for entry on a touch-tone telephone, Klemmer (1968) found that grouping by 3's or 4's was optimal for numbers of different lengths,

users of different skill levels, and various orders of presentation. In the first of six experiments, he presented subjects with numbers of 18-21 digits partitioned into uniform groups of 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, or 10 digits. For all subjects the maximum keying speed was for groupings of either 3 or 4 digits. Averaged across all subjects, triplets required the least amount of keying time. There was, however, a high degree of variability and no consistent differences in error rate for different sized groupings. In the second experiment, there were no significant differences among 45 different methods of grouping 7-digit numbers (variability was high probably because of the testing procedure employed). In the third experiment, the best groupings of 7 digits on keying time were 3-4, 4-3, and 3-2-2, the poorest were 1-5-1 and no grouping. Error rates were too low to test for effects of grouping. In the fourth experiment, performance (both error rate and keying time) was better for groupings of 3-3-3 and 3-4-2 than for 5-4 (although not significantly so). In the fifth experiment, subjects performed faster with groupings of 3-3-2-2 and 3-3-4 for 10-digit numbers. The 5-5 grouping was significant slower. In the sixth experiment, two different groupings of 10-digit numbers were tested under conditions of restricted access to the printed telephone numbers (Ss could look at the printed number as often as they wished but while actually dialling the number was hidden from view). Although subjects consistently keyed in 4 or 5 digits for every look or referral to the stimulus number, they still did significantly better on keying time with a 3-3-2-2 grouping than with a 5-5 grouping. Differences in error rate were not significant. Thus, these six experiments provide additional support for the general superiority in performance of grouping by 3s or 4s for numbers with as many as 18-21 digits. Interestingly, stated preferences for size of grouping in many of these experiments were often for groupings of more than 3 or 4 digits. There was little relationship between preferences and performance.

In another series of experiments on copying printed numbers by entering them on a pushbutton telephone, Klemmer (1969) found that maximum keying speed (the average time for keying each digit) is obtained with groupings of 3's and 4's. In one experiment numbers with 18-21 digits were presented with groupings varying in size from 1 to 10. The average time per digit to key such long numbers was minimized for groupings of size 3 and 4. In another experiment on 7-digit numbers, the 3-4 grouping required significantly less time to key than any of the patterns 2-5, 7, or 1-5-1. Differences in keying speed between the optimum grouping and the ungrouped conditions were usually around 20%. There were no consistent differences in error rate as a function of grouping. Although performance was optimal for groups of 3 or 4 digits, subjects reported a decided preference for groups of 5, 6, or 7 digits.

Copying Tasks

In a study of the factors affecting the speed and accuracy of copying alpha and numeric codes by hand, Conrad and Hull (1967, 1969) found that grouping digits in threes or fours led to significantly fewer copying errors than when the digits were ungrouped for 12-digit numbers. In the Conrad and Hull (1967) experiments, number codes of length 3, 6, 9 and 12 digits were presented to their subjects, and the digits were either grouped in triplets (triplets were separated by a space) or typed in a continuous sequence with no spaces between digits. The codes (numbers) to be copied were typed in a column on the left hand side of the sheet with substantial vertical spacing between successive codes, and subjects copied each code on the right-hand side of the sheet, 2½ inches to the right of the typed numbers on the left. This task is quite similar to that of videotex users who copy a long page number from either a printed directory or an on-line directory by typing in the number on a keypad or keyboard. If anything, the task of videotex users is harder than the present task because users must copy over a much greater distance than 2½ inches, making it more difficult to check the copied number against the original. Each code that was not copied perfectly, that is, all

digits correct and in the correct position, was scored as an error. There was no difference between grouped and ungrouped numbers in accuracy of copying for numbers with 3, 6, or 9 digits. For 12-digit codes, however, there were significantly more errors for the ungrouped codes (4.19% incorrect codes) than for the codes with numbers grouped in triplets (2.79% incorrect codes). Their results provide further support for the grouping of digits in triplets in long videotex page numbers. The relatively large number of errors (4.19%) for 12-digit numbers indicates that the seemingly simple task of copying a number is not so easy after all. Moreover, videotex page numbers having more than 12 digits will probably produce even higher error rates than the 4.19% for 12-digit codes.

In a similar study of copying tasks, Cardozo and Leopold (1963) presented by slide projector printed numbers of 3-13 digits and required the subjects to write down each number. The number of errors was essentially zero until numbers contained 6 digits or more after which the number of errors increased rapidly. The error rate was significantly less for grouped than for ungrouped numbers.

Performance on several tasks less closely related to entering long videotex page numbers provides evidence of the general facilitative effect of grouping digits in triplets. Klemmer (1959), for example, reported several experiments on the task of numerical error checking. The task required that subjects compare pairs of numbers to detect any errors, that is, any differences between the two numbers. The number of digits per group was varied systematically from 1 to 10. Accuracy did not change with size of group, but the speed of error checking was highest for triplets and fell off for smaller or larger groups. Compared with grouping by 3's, groups of size 1 were checked an average of 44% slower and groups of size 10 were checked an average of 33% slower. Klemmer and Lockhead (1962) reported error rates of up to 7½ percent for experienced keypunch operators.

The Use of Separators in Pregrouping

If the digits in long videotex page numbers are to be grouped, then several different separators can be used to separate the groups. Klemmer (1968) compared the effects of dashes and blanks as separators for 7-digit numbers in 45 different types of groupings with each number typed on a separate file card. Keying time on a touch-tone telephone was exactly the same for numbers containing blanks as for numbers containing dashes. The number of errors on each was essentially the same. Nor was here any difference in preference: half the subjects preferred dashed and the other half preferred blanks.

Martin et al. (1977) tested three different separators - space, hyphen, and stop (that is, a period) - in 6-digit numbers divided into two groups with three digits each. The 6-digit numbers were displayed on a screen, and the subjects' task was to type out the numbers presented. Results with the space showed fewer errors and faster response times, but the differences were not significant. However, the space was significantly preferred over both the hyphen and the full stop: of the 21 subjects expressing a preference, 19 of them preferred the space. Thus, on the available evidence the use of a space as the separator between groups of digits is to be recommended.

In document page numbers, which utilize a decimal point to separate the page number within the document itself from the index page number of the document, the decimal point can serve as a natural separator in place of the space. No additional separator is required. For example, 52 664.313 and 542.618.

DISCUSSION

At the present time the magnitude or seriousness of the problem of long videotex page numbers for users can only be estimated from the literature on similar problems such as long telephone numbers. Looking up a number in the telephone book and remembering it long enough to dial is quite similar to the task of keying in a videotex page number either from a paper directory or from an on-line directory. The primary difference between these two tasks is the number of digits in the number. Since videotex page numbers are likely to have more than the 7 digits usually found in telephone numbers, the videotex task should be correspondingly more difficult to complete successfully. Severin and Rigby (1963) found that only 57-67% of 7-digit numbers are dialled correctly by university students (the precise percentage depending upon the pattern of grouping employed). For a group of highly trained telephone operators, Conrad and Hille (1957) found that recall for 8, 9, and 10-digit numbers was only 70%, 56%, and 46% completely correct, respectively. Even highly skilled operators make a lot of mistakes. Wickelgren (1964) found 54-67% correct recall when averaged over 6 to 10-digit numbers. Wickelgren (1967) found that 8, 9, and 10-digit numbers were recalled correctly 76%, 70%, and 57% of the time, respectively, for ungrouped numbers. When digits were grouped in triplets (the optimal size of grouping in his experiment), 93%, 87%, and 70% were recalled correctly.

Videotex users may not always try to remember an entire page number long enough to key it in. Instead, they may alternate between memorizing a part of the number and typing it in until the entire page number has been entered. Such a task is in some ways considerably easier than trying to remember the entire number for even a brief period of time. In a systematic investigation of just such a "copying" task, Conrad and Hull (1967) found that for 12-digit numbers 4.2% of the ungrouped and 2.8% of the grouped (triplets) numbers were incorrectly transcribed. Users had only to copy a number that was in

the left column into a blank space just 2½ inches to the right. Since videotex users will probably be copying page numbers over distances greater than 2½ inches, the 4.2% error rate for ungrouped numbers and 2.8% rate for grouped numbers probably represent a lower bound to the number of errors that will be found in practice on videotex. Moreover, the error rate should be much higher for the longer numbers typical of videotex. The problem of long numbers is likely to be more serious to the degree that videotex users attempt to remember entire page numbers.

The facilitative effect of grouping is well substantiated by the present analysis of the literature. Grouping, as opposed to no grouping at all, reduces the number of errors and is preferred by almost all users. Grouping in 3's is clearly optimal under most conditions, although grouping in 4's is often almost as good and is even superior under some conditions.

The type of separator employed to form the groups in a number had no effect on performance criteria, but the blank was significantly preferred to other alternatives.

If grouping is employed, than the digits can be grouped either from the left or from the right. For example, the page numbered 12546297 looks like 125 462 97 when grouped from the left but looks like 12 546 297 when grouped from the right. There is no empirical data available pertinent to choosing between the two methods of grouping; however, there are several factors to be considered in choosing between these two methods when designing a videotex page numbering system.

First, when grouping from the left, pages related logically (by the numbering system through the hierarchy) would have exactly the same pattern or grouping of digits except for the last n digits, for example, 125 424 and 125 424 51. This should make it easier for the user to recognize and to remember the same stem. If the pages are grouped from the right, then the patterns of grouping are different

and, therefore, more difficult to remember, for example, 12 542 451 and 125 424. Of course, if there is no logical structure among the page numbers, then grouping from the left has no advantage (for recognizing and remembering common stems).

Second, if information providers have a 3-digit number for their section of the tree, then they may wish to retain that triplet and not have it broken up by grouping from the right. For example, if an information provider advertises his videotex number as 925 but some of his pages are numbered 92 511 or 9 251 123, then users may not recognize his pages as easily. But if information providers do not have unique numbers, then grouping from the left is no advantage.

Third, it seems more natural to group starting from the decimal point, as in the ordinary writing of numbers. For example, 12 563 or 141 923. With the decimal point for documents, the decimal point can serve as a natural separator between two groups of 3 digits, for example, 12 864.157.

Fourth, if all page numbers in a directory are lined up with the decimal point in a straight column, then grouping from the right will result in an unbroken pattern of columns of 3-digit strings. For example,

```
   864 192.
    12 543.
 1 862 941.
12 111 861.
   727 444.
```

Except that the rows are of uneven length, the pattern is similar to that found in the white pages of telephone books. Grouping from the left results in broken columns:

542 12
211 864
494 1
821 924 2

However, if the page numbers are printed from the left as well as grouped from the left, then the column pattern of triplets can be obtained:

542 12
211 864
494 112
821 924 2

The decimal point can be a problem, however, in trying to line up numbers when grouping from the left:

654 946 3
654.911
651 187 243
222 18.887
65.116

However, it is unlikely that individual pages within a document will be referred to extensively in any index (indexing the documents alone is a major problem). Thus, in printed or on-line directories with page numbers left-justified, the column pattern of digits would be obtained. For those occassions in which the decimal must be included in the page number, the page number is likely to occur separate from other page numbers and, therefore, it should be easily read.

These considerations suggest that grouping from the left is probably to be preferred, although there are also advantages to grouping from the right. Unfortunately, there has been no empirical research on this issue. Further research is required to answer this question definitively.

RECOMMENDATIONS

On the basis of the evidence discussed in this report, several recommendations can be made to videotex information providers and others in the videotex information retrieval field:

1. Digits in all videotex page numbers should be grouped in triplets. (Although grouping by 3s was best overall, grouping by 4s was frequently almost as good.)

2. Groups of digits should be separated by a space. (The space was preferred to other separators, but all separators were approximately equal on performance.)

These recommendations apply to the printing of videotex page numbers in paper directories and indexes and in on-line directories and indexes as well as to the display of videotex page numbers on the pages in the database itself (both document and index page numbers).

These recommendations must be qualified to the extent that they are not based directly on empirical investigation of videotex systems. At least three issues require empirical investigation: first, the magnitude of the problem of errors with long page numbers must be determined empirically; second, alternative grouping schemes must be tested in videotex situations; and third, different types of separators between groups must be tested. Notwithstanding the need for empirical research on videotex, these recommendations are based on an extensive, empirically-based literature on very similar problems, such as long telephone numbers.

Two other suggestions can be given. However, they must be considered highly tentative since they are not based on empirical research. Empirical research must be conducted to substantiate them.

1. For document pages using a decimal point to separate the document retrieval digits to the left of the decimal from the internal page number within the document on the right of the decimal, the decimal point can function as a separator in place of the blank space (for example, 725.124 and 693 424.176 242). Since the decimal point is a separator, additional blank spaces between the decimal point and the digits forming the page number are not required.

2. Digits should be grouped in 3s starting from the left (for example, 126 543 and 942 825 12).

REFERENCES

Cardozo, B.L. & Leopold, F. Human code transmission. Ergonomics, 1963, 6, 133-141.

Conrad, R. Accuracy of recall using keyset and telephone dial, and the effect of a prefix digit. Journal of Applied Psychology, 1958, 42, 285-288.

Conrad, R. Experimental psychology in the field of telecommunications. Ergonomics, 1960, 3, 289-295.

Conrad, R. & Hille, B.A. Memory for long telephone numbers. Post Office Telecommunications Journal (British Post Office), 1957, 10, 37-39.

Conrad, R., & Hille, B.A. The decay theory of immediate memory and paced recall. Canadian Journal of Psychology, 1958, 12, 1-6.

Conrad, R., & Hull, A.J. Copying alpha and numeric codes by hand: An experimental study. Journal of Applied Psychology, 1967, 51, 444-448.

Conrad, R. & Hull, A.J. On the format of very long telephone numbers. Post Office Research Department Report No. 65, U.D.C. 621.395.636.1:159.953, 1969.

Crannell, C.W., & Parrish, J.M. A comparison of immediate memory span for digits, letters, and words. Journal of Psychology, 1957, 44, 319-327.

Deininger, R.L. Human factors engineering studies of the design and use of pushbutton telephone sets. Bell System Technical Journal, 1960, 995-1012.

Easeby-Grave, C. Tests and norms at the six year old performance level. Psychological Clinic, 1924, 15, 279. (American Journal of Psychology, 1928, 40, 295-302.)

Heron, A. Immediate memory in dialling performance with and without simple rehearsal. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 1962, 14, 94-103.

Jones, A. An analytic diagnosis of one hundred twenty superior children. Psychological Clinic, 1925, 16, 44-45. (American Journal of Psychology, 1928, 40, 295-302.)

Klemmer, E.T. Numerical error checking. Journal of Applied Psychology, 1959, 43, 316-320.

Klemmer, E.T. Grouping of printed digits for telephone entry. Proceedings of the 4th International Conference on Human Factors in Telephony (Munich), 1968, pp. 215-232.

Klemmer, E.T. Grouping of printed digits for manual entry. Human Factors, 1969, 11, 397-400.

Klemmer, E.T., & Lockhead, G.R. Productivity and errors in two keying tasks: A field study. Journal of Applied Psychology, 1962, 46, 401-403.

Konz, S., Braun, E., Jachindra, K., & Wichlan, D. Human transmission of numbers and letters. Journal of Industrial Engineering, 1968, 19, 219-224.

Mackworth, J.F. The effect of display time upon the recall of digits. Canadian Journal of Psychology, 1962, 16, 48-54.

Martin, J.N.T., Morton, J., & Ottley, P. Experiments on copying digit strings. Ergonomics, 1977, 20, 409-419.

Martin, P.R., & Fernberger, S.W. Improvement in memory span. American Journal of Psychology, 1929, 41, 91-94.

Mayzner, M.S., & Gabriel, R.F. Information "chunking" and short-term retention. Journal of Psychology, 1963, 56, 161-164.

Miller, K.G. The competency of fifty college students. University of Pensylvania Experimental Studies in Psychology and Pedagogy, 1922, 8, 19. (American Journal of Psychology, 1928, 40, 295-302.)

Oberly, H.S. A comparison of the spans of "attention" and memory. American Journal of Psychology, 1928, 40, 295-302.

Pollack, I., Johnson, L.B., & Knaff, P.R. Running memory span. Journal of Experimental Psychology, 1959, 57, 137-146.

Schoeffler, M.S. Laboratory studies related to subscriber international dialling. HET PTT - BEDRIJF (Netherlands PTT), May 1967, 15, No.1-2, 70-74.

Severin, F.T., & Rigby, M.K. Influence of digit grouping on memory for telephone numbers. Journal of Applied Psychology, 1963, 47, 117-119.

Sutherland, S. Prestel and the user: A survey of psychological and ergonomic research. Centre for Research on Perception and Cognition, University of Sussex, Brighton, England. May 1980.

Thorpe, C.E., & Rowland, G.E. The effect of "natural" grouping of numerals on short term memory. Human Factors, 1965, 7, 38-44.

Wickelgren, W.A. Size of rehearsal group and short-term memory. Journal of Experimental Psychology, 1964, 68, 413-419.

Wickelgren, W.A. Rehearsal grouping and hierarchical organization of serial position cues in short-term memory. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 1967, 19, 97-102.

RECHERCHE EN COMPORTEMENT SUR TÉLIDON

4

Introduction de donnees dans le systeme videotex
conception du clavier et presentation des numeros de page

Recherche et évaluation en comportement
Ministère des Communications

RECHERCHE EN COMPORTEMENT SUR TÉLIDON 4

INTRODUCTION DE DONNÉES DANS LE SYSTÈME VIDÉOTEX : CONCEPTION DU CLAVIER ET PRÉSENTATION DES NUMÉROS DE PAGE

Février 1983

Les copies de

RECHERCHE EN COMPORTEMENT SUR TÉLIDON 4
INTRODUCTION DE DONNÉES DANS LE SYSTÈME VIDÉOTEX :
CONCEPTION DU CLAVIER ET PRÉSENTATION DES NUMÉROS
DE PAGE

sont disponibles gratuitement à l'adresse suivante :

Direction générale de l'information
Ministère des Communications
300, rue Slater
Ottawa (ONTARIO)
K1A 0C8

Numéro du rapport : DOC-TBR-DBRE-81-4-F

INTRODUCTION DE DONNÉES DANS LE SYSTÈME VIDÉOTEX : CONCEPTION DU CLAVIER ET PRÉSENTATION DES NUMÉROS DE PAGE

Préface

Le présent rapport est le quatrième d'une série préparée par la Direction de la recherche et de l'évaluation en comportement du ministère des Communications. Cette série de rapports vise à favoriser la conception de systèmes vidéotex qui reflètent les capacités et les limites de l'utilisateur. Ce quatrième rapport fait des recommandations sur certains aspects de la conception des appareils d'introduction de données dans le système vidéotex.

À l'heure actuelle, les utilisateurs du vidéotex extraient l'information de deux façons : en choisissant un numéro dans les listes de choix possibles ou en introduisant directement des numéros de page. L'appareil couramment utilisé pour la recherche documentaire est un petit clavier permettant d'introduire des données numériques et autres. Les deux documents contenus dans le présent rapport traitent des questions relatives à l'utilisateur que soulèvent la conception du clavier et la présentation des numéros de page vidéotex.

Le premier document, préparé par M. Paul Hearty, s'intitule "Facteurs humains et claviers Télidon : nouvelle conception et examen des modèles sur le marché". L'auteur soutient que la conception des appareils manuels d'introduction de données dans le système vidéotex doit tenir compte de trois catégories de caractéristiques propres à l'utilisateur : la grandeur et la mobilité de la main, les capacités relatives à la perception et à la motricité et les facultés cognitives. L'auteur cite des études qui étayent son argumentation et formule des recommandations précises sur la conception des claviers Télidon. Il présente ensuite pour Télidon un modèle de clavier de base et un modèle de clavier combinant les possibilités numériques et alphabétiques. Enfin, il fait un examen critique des claviers Télidon sur le marché et suggère quelques améliorations à y apporter.

Le second document, préparé par M. Eric Lee, s'intitule "Le problème des erreurs de l'utilisateur du vidéotex à cause des longs numéros de page". L'auteur fait d'abord remarquer qu'en commandant directement l'affichage des pages, les utilisateurs auront du mal à se rappeler et à composer les longs numéros de page inévitables dans les bases de données commerciales. À la lumière d'études empiriques consacrées à des problèmes analogues, l'auteur fait remarquer que les gens divisent spontanément les longs numéros en sous-groupements plus courts au moment du rappel et que l'on peut faciliter l'exécution d'une foule d'opérations en s'inspirant de ces "groupements naturels"

pour la présentation des longues séries de chiffres. Il conclut que l'on devrait présenter les numéros de page vidéotex divisés en sous-groupements de trois (ou peut-être quatre) chiffres à l'aide d'espaces laissés en blanc.

En somme, les deux documents traitent de facteurs humains dont devraient tenir compte les concepteurs des modes d'introduction de données dans le système vidéotex. Bien que les êtres humains soient capables de s'adapter et d'apprendre à utiliser des appareils et des sytèmes dont la conception n'est pas idéale, il est probable que la conception des sytèmes vidéotex constituera un facteur déterminant de leur popularité. Une conception soignée fondée sur la connaissance des limites et des capacités de l'être humain peut accroître la facilité et le plaisir que les utilisateurs éprouveront à utiliser leurs sytèmes vidéotex.

Dorothy Phillips
Direction de la recherche et
de l'évaluation en comportement
Ministère des Communications
Ottawa (ONTARIO)

Janvier 1982

RECHERCHE EN COMPORTEMENT SUR TÉLIDON 4

INTRODUCTION DE DONNÉES DANS LE SYSTÈME VIDÉOTEX : CONCEPTION DU CLAVIER ET PRÉSENTATION DES NUMÉROS DE PAGE

Sommaire — Page

Préface, par Dorothy Phillips — v

I Facteurs humains et claviers Télidon : nouvelle conception et examen des modèles sur le marché, par Paul J. Hearty — 2

II Le problème des erreurs de l'utilisateur du vidéotex à cause des longs numéros de page, par Eric Lee — 47

FACTEURS HUMAINS ET CLAVIERS TÉLIDON : NOUVELLE CONCEPTION ET EXAMEN DES MODÈLES SUR LE MARCHÉ

Paul J. Hearty

1982

Direction de la recherche et de l'évaluation en comportement
Ministère des Communications
Ottawa, Ontario

Facteurs humains et claviers Télidon : nouvelle conception et examen des modèles sur le marché

Résumé

Le présent document fait un bref examen critique d'ouvrages consacrés aux facteurs humains qui intéressent la conception des claviers à main et fait des recommandations précises sur ce sujet. Ces recommandations sont ensuite appliquées à la conception d'un nouveau clavier servant à commander les opérations de base nécessaires pour utiliser Télidon. Le document traite de techniques permettant l'introduction des lettres de l'alphabet et présente un modèle offrant cette possibilité, tout en tenant compte des facteurs humains. Enfin, l'auteur examine chacun des claviers Télidon sur le marché en fonction des recommandations relatives à la conception qui sont tirées de la documentation existante sur les facteurs humains.

TABLE DES MATIÈRES

Page

INTRODUCTION....4

RECOMMANDATIONS RELATIVES AUX FACTEURS HUMAINS....4

Facteurs anthropométriques....5

Axe de préhension....5

Accessibilité....7

Facteurs relevant de la perception et de la motricité....8

Exploration....8

Dimension....8

Contraste....9

Discrimination....9

Localisation....11

Enfoncement des touches....12

Dimensions....12

Disposition....13

Caractéristiques physiques....13

Frappes multiples....15

Facteurs relevant de la cognition....16

Les noms des touches....16

Séquencement....17

Exploration stratégique....18

MISE EN OEUVRE DES RECOMMANDATIONS....19

Modèle de clavier numérique....19

Modèle de clavier alphanumérique....25

CLAVIERS ACTUELLEMENT SUR LE MARCHÉ....30

Appareils numériques....30

Mark 3 de Norpak....31

Vista de Bell....33

Appareils alphanumériques....36

Microtel....36

Electrohome....40

COMMENTAIRES FINALS....43

OUVRAGES DE RÉFÉRENCE....45

INTRODUCTION

Le grand public peut maintenant se procurer des terminaux d'utilisateur Télidon auprès de quatre fabricants canadiens. Chacun des quatre modèles comprend un appareil d'introduction de données (clavier) de modèle exclusif. Les différences entre les claviers reflètent en partie les conceptions différentes qu'ont les fabricants des besoins de l'utilisateur. Les claviers Mark 3 de Norpak et Vista de Bell assurent un ensemble d'opérations de base et contiennent un bloc numérique permettant à l'utilisateur d'extraire l'information en choisissant des numéros dans les listes de choix possibles ou en composant directement des numéros de pages de la base de données. Les appareils fabriqués par Microtel et Electrohome permettent, en plus des opérations de base et de l'introduction de chiffres, l'introduction des lettres de l'alphabet.

On se préoccupe de plus en plus, depuis quelque temps, des aspects de la conception des claviers Télidon relatifs aux facteurs humains (par exemple, Muter, 1980). En somme, si l'on estime que les critères d'évaluation sont des facteurs humains, on évalue dans quelle mesure l'apareil respecte les limites de son utilisateur et lui assure une certaine facilité d'utilisation. Le présent document examine d'abord la documentation disponible sur ce sujet et soumet des recommandations précises sur la conception du clavier. Il décrit ensuite un modèle de clavier numérique à main qui respecte ces exigences dictées par les facteurs humains et un modèle acceptable combinant les possibilités numériques et alphabétiques. Enfin, le document examine brièvement, en fonction des facteurs humains, chacun des claviers Télidon disponibles sur le marché.

RECOMMANDATIONS RELATIVES AUX FACTEURS HUMAINS

Puisque Télidon est une nouvelle application de la technologie des communications, il existe très peu de documentation dont on puisse s'inspirer directement pour la conception du clavier. On peut toutefois

faire appel à un ensemble de données empiriques fournies par des applications du même genre. En outre, des données normatives sur les dimensions et la mobilité de la main sont également disponibles.

Le concepteur d'un appareil d'introduction de données se trouve devant au moins trois catégories de facteurs humains limitatifs : les facteurs anthropométriques, les facteurs relatifs à la perception et à la motricité et ceux qui relèvent des facultés cognitives de l'utilisateur. Si un clavier ne tient pas compte de ces facteurs limitatifs, l'introduction des données sera moins rapide ou les erreurs seront plus nombreuses, voire les deux à la fois. Ces défauts pourraient suffire à décourager l'utilisateur, peut-être jusqu' au point de le dissuader d'employer ce clavier. Il est donc très important que les claviers Télidon soient conçus de façon à respecter les facteurs humains.

Facteurs anthropométriques

Les petits claviers étant, du moins en principe, des appareils portatifs, leur conception doit respecter les données anthropométriques de la main. Le concepteur du clavier doit donc faire en sorte que l'appareil puisse être tenu et utilisé confortablement par tous, à l'exception des personnes qui ont la main plus petite que la plupart des gens. Conformément à cette règle, l'exception à la norme couramment reconnue par les concepteurs représente le cinquième centile de la population adulte (soit les valeurs inférieures représentant les dimensions des mains de seulement 5 % de la population adulte).

Axe de préhension

L'utilisateur d'un clavier peut tenir l'appareil d'une seule main et se servir de son autre main pour enfoncer les touches, ou encore se

servir d'une seule main pour tenir l'appareil et enfoncer les touches. Dans les deux cas, toutefois, les dimensions de la main limitent la taille de l'appareil.

On peut tenir l'appareil de nombreuses façons lorsque l'on se sert de ses deux mains. Cependant, si l'appareil est suffisamment petit, l'utilisateur placera normalement son pouce le long d'un des côtés et le bout de son index et de son médius contre le côté opposé. Pour qu'on puisse le tenir ainsi fermement et confortablement durant de longues périodes, l'axe de préhension de l'appareil (ordinairement sa largeur) ne devrait pas excéder la distance entre la base du pouce de l'utilisateur et la dernière jointure de l'index (ou du médius) quand la main est ouverte. Une extrapolation des données enregistrées par Garrett (1971) donne une distance à main ouverte de 2,72 et 2,69 pouces (6,91 et 6,83 cm) respectivement pour l'index et le médius, chez les adultes qui se situent au cinquième centile. Les données justifient donc un axe de préhension maximal d'environ 2,70 pouces (6,86 cm) pour qu'on puisse utiliser l'appareil avec les deux mains.

Pour utiliser l'appareil avec une seule main, celui-ci doit reposer sur les doigts de l'utilisateur, qui doit déplacer son pouce sur la surface du clavier pour choisir les touches. Pour qu'on puisse le tenir à la main de façon ferme et confortable durant de longues périodes de temps, l'axe de préhension de l'appareil ne doit pas dépasser la distance entre l'éminence thénar située à la base du pouce et la dernière jointure de l'index (ou du médius) quand la main est ouverte. De plus, pour que le pouce puisse se déplacer librement sur le clavier, l'épaisseur de l'appareil ne doit pas dépasser l'intervalle le plus grand entre le pouce et l'index quand le pouce est dirigé vers la paume parallèlement aux doigts. Une extrapolation des données présentées par Garrett (1971) révèle que, pour les adultes qui se situent au cinquième centile, l'axe de préhension de l'appareil ne doit pas dépasser 2,35 pouces (5,97 cm) lorsque l'index ou le médius sert à saisir l'appareil, et que l'épaisseur de l'appareil ne doit pas excéder 0,75 pouce (1,91 cm).

La différence est minime entre l'axe de préhension maximal recommandé pour l'utilisation avec une seule main (2,35 pouces) et le maximum recommandé pour l'utilisation avec les deux mains (2,70 pouces). Comme ces deux chiffres reposent sur des approximations, il semble raisonnable de suggérer comme compromis acceptable un maximum de 2,50 pouces (6,35 cm).

Accessibilité

Si l'axe de préhension est à peu près le même pour l'utilisation de l'appareil avec une seule main et avec les deux mains, les autres différences entre les deux façons de procéder sont considérables. Entre autres, lorsqu'on utilise les deux mains, toutes les touches sont accessibles, alors qu'avec une seule main, on ne peut atteindre que les touches qui sont à portée de mouvement du pouce. Fogel (1963, p. 478) montre que le pouce peut décrire un angle maximal de 125° dans le plan de la main, soit un angle maximal de 45° avec l'index vers l'intérieur de la main et de 80° vers l'extérieur de la main. Ainsi, si l'utilisateur tient l'appareil de façon à ce que le centre de gravité repose au creux de sa main, les touches les plus facilement accessibles, s'il n'utilise qu'une seule main, seront celles qui se trouvent au centre de gravité de l'appareil et au-dessus, mais à moins d'environ 2 pouces (5,08 cm) de la base du pouce [Garrett, 1971, a établi que la longueur du pouce des hommes et des femmes occupant le cinquième centile était respectivement de 1,99 et 1,84 pouce (5,05 et 4,67 cm)].

En somme, l'examen des caractéristiques anthropométriques montre que l'axe de préhension des claviers ne doit pas dépasser 2,50 pouces (6,35 cm). De plus, pour l'utilisation de l'appareil avec une seule main ou, comme cela se produira plus probablement dans la pratique, l'utilisation combinée avec une seule main et avec les deux mains, il serait commode que les touches les plus souvent utilisées se trouvent au centre de gravité de l'appareil ou au-dessus, et à moins d'environ deux pouces du bord de l'appareil.

Facteurs relevant de la perception et de la motricité

Les facultés perceptives et motrices de la personne qui manipule un clavier d'introduction de données limitent nécessairement la précision et la facilité des mouvements orientés par l'oeil. Examinons pendant un petit moment la tâche qui attend l'utilisateur relativement inexpérimenté. S'il doit enfoncer une touche en particulier et qu'il connaît le nom de cette touche mais non son emplacement, il doit explorer le clavier pour repérer le nom, retrouver la touche qui y correspond et n'enfoncer que cette touche. La recherche et le repérage de la touche sont évidemment des activités qui relèvent de la perception, alors que les mouvements du doigt nécessaires pour enfoncer la touche sont des activités motrices orientées par la perception.

Un clavier bien conçu réduira la difficulté de chaque élément de la tâche. Les trois prochaines sous-sections du document présentent quelques lignes directrices fondamentales propres à faciliter les activités perceptives et motrices de l'utilisateur d'un clavier.

Exploration

Il est clair, voire évident, que l'exploration sera d'autant plus facile que les noms de touche seront écrits en gros, suffisamment contrastés par rapport au fond et faciles à discerner les uns des autres. Le concepteur doit donc se demander de quelle grosseur doivent être les noms, et comment on peut leur assurer assez de contraste et de discrimination.

Dimension. Dans de bonnes conditions de visibilité, la précision et la vitesse d'identification d'une forme augmentent à mesure que l'on en augmente la plus grande dimension pour sous-tendre un angle visuel

formant un arc d'environ 18 minutes (Steedman et Baker, 1960). Ainsi, à une distance de vision normale de 28 pouces (environ 71 cm), la plus grande dimension de la forme adoptée pour les noms de touche doit atteindre au moins 0,15 pouce (0,38 cm).

Avec un bon éclairage et à la distance normale de vision, on peut distinguer avec exactitude des lettres de seulement 0,10 pouce (0,25 cm); toutefois, lorsque l'éclairage est très faible, la hauteur des lettres devra peut-être atteindre 0,20 pouce (0,51 cm) (Grether et Baker, 1972, p. 107). Une hauteur de 0,10 à 0,15 pouce (0,25 à 0,38 cm) suffirait pour distinguer avec exactitude les lettres des noms de touche dans tous les cas, sauf dans les pires conditions. En outre, pour une discrimination maximale, le rapport entre la largeur et la hauteur d'une lettre doit être d'environ 3 à 5, et l'épaisseur des traits doit représenter de 1/6 à 1/8 de la hauteur des lettres qu'ils composent (Grether et Baker, 1972, p. 107).

Contraste. On a peu de données concernant le contraste idéal entre les noms de touche et le fond. Grether et Baker (1972, p. 109) préconisent l'emploi des signes noirs sur un fond blanc mat, à moins qu'il ne faille prévoir l'adaptation de l'oeil à l'obscurité. On peut évidemment utiliser la couleur, pour le fond et pour les noms de touche, mais la couleur et l'intensité de reflet de ceux-ci doivent offrir un vif contraste avec le fond. Ces deux éléments de contraste sont nécessaires pour aider les utilisateurs qui distinguent mal les couleurs et pour assurer un contraste suffisant dans des conditions d'éclairage très variables.

Discrimination. On doit d'abord tenir compte des opérations que commanderont les touches avant de choisir un ensemble de signes faciles à distinguer. Evidemment, les meilleurs signes pour les touches alphabétiques et numériques restent les lettres et les chiffres eux-mêmes. Une fois réglée la question du choix des noms des touches alphabétiques et numériques, il faut évidemment trouver des signes

facilement discernables pour identifier chacune des touches de fonction. Comme on le verra bientôt, le nombre de signes nécessaires pour identifier les opérations commandées par une seule touche influe sur le choix de la base de codage des noms de touche.

Il existe de nombreuses bases pouvant servir au codage d'un ensemble de touches de fonction. La couleur, la forme géométrique, la présentation d'images et le mot court (ou l'abréviation) sont parmi les bases les plus couramment utilisées.

Le choix de la couleur comme base de codage pour signaler la fonction des touches à la surface du clavier offre seulement neuf possibilités si l'on veut que l'utilisateur puisse les discerner facilement, et le degré de discrimination peut varier selon l'éclairage ambiant (Grether et Baker, 1972, p. 69). La couleur en surface est donc d'une utilité restreinte comme base de codage unique (Chapanis et Kinkade, 1972, p. 352).

On peut se servir de formes géométriques de deux façons: le codage peut faire appel à un certain nombre de formes (cercle, triangle, etc.) ou à une seule forme dont on varie les paramètres (par exemple: des variantes qui iraient du cercle complet à une ellipse étroite). Le nombre d'éléments géométriques recommandé en pareil cas est de cinq par clavier (Grether et Baker, 1972, p. 69) et de cinq à huit par clavier (Muller et al., 1955), respectivement.

Si l'on opte pour la représentation imagière, on dispose d'une base de codage considérable. Malheureusement, une telle méthode exige ordinairement, pour être efficace, des référents concrets et des symboles assez gros; or la taille des claviers ne permet pas de satisfaire à cette dernière exigence.

Les mots courts, lorsqu'ils sont possibles, demeurent encore la meilleure solution. Ils permettent de donner à un grand nombre de touches un nom facilement discernable et qui occupe relativement peu

d'espace [par exemple : quatre lettres de la taille recommandée précédemment n'exigent qu'une surface de 0,15 sur 0,50 pouce (0,38 sur 1,27 cm)].

Localisation

Une fois que l'utilisateur a repéré le nom de touche désignant l'opération qu'il désire choisir, il doit préciser la touche correspondante. Il n'y a évidemment aucun doute sur le choix de la touche à enfoncer lorsque les noms se trouvent sur les touches elles-mêmes; par contre, si l'on a mis les noms entre les rangées de touches, l'utilisateur hésitera d'autant plus que les noms seront davantage centrés verticalement dans les espaces qui séparent les rangées de touches.

Prenons, par exemple, un clavier où les noms de touche sont placés entre les rangées de touches et au-dessus des touches qu'ils identifient. Si le nom que cherche l'utilisateur est un de ceux de la rangée supérieure, la touche qu'il désigne sera forcément au-dessous puisqu'il n'y en a pas au-dessus. Par contre, dans n'importe quelle autre rangée, le nom se trouvera entre deux touches et, à moins que le nom ne soit clairement plus rapproché de la touche qu'il désigne, l'utilisateur se demandera laquelle des deux est la bonne. Pour éliminer pareil dilemme, il faut malheureusement disposer d'espaces relativement grands entre les rangées de touches; on peut, par exemple, mettre des noms de touche de 0,15 pouce (0,38 cm) de hauteur dans le tiers inférieur d'un espace de 0,60 pouce (1,52 cm) entre les rangées de touches.

En somme, on devrait mettre les noms sur les touches elles-mêmes. Autrement, l'espace disponible sur le clavier peut être insuffisant pour assurer sans problème le repérage des touches auxquelles les noms se réfèrent.

Enfoncement des touches

Lorsque l'utilisateur a trouvé la touche à enfoncer, il imprime à son doigt un mouvement orienté par l'oeil, qui aboutit, si tout va bien, à l'enfoncement de cette touche. Trois facteurs, en effet, peuvent lui faciliter ou lui compliquer la tâche : 1) la dimension des touches et des espaces entre les touches; 2) la disposition spatiale des touches sur le clavier en regard de la tâche à effectuer; 3) les caractéristiques physiques des touches elles-mêmes.

Dimensions. Pour que l'utilisateur puisse enfoncer les touches facilement et rapidement, il faudrait que cette opération n'exige qu'une précision minimale (Damon et al., 1963, p. 263). En pratique, cela veut dire que la dimension des touches et des espaces entre les touches devrait être relativement généreuse.

Bien qu'on ait peu de données pratiques concluantes sur la dimension optimale des touches et des espaces entre les touches, les recommandations à ce sujet abondent. Damon et al. (1963, p. 267 et 313), par exemple, suggèrent d'utiliser des boutons-poussoirs d'au moins 0,50 pouce (1,27 cm) de diamètre et, lorsque l'enfoncement des boutons-poussoirs ne forme pas une ligne droite (par exemple, sur les téléphones et les claviers), de les espacer l'un de l'autre d'au moins 0,50 pouce (1,27 cm). Malheureusement, la situation n'est pas aussi claire que la conclusion de Damon et al. le laisse entendre. Dreyfuss (1959) a soutenu que les dimensions maximales de la face des touches rectangulaires doivent être de 0,50 pouce (1,27 cm) en largeur et de 0,44 pouce (1,12 cm) en hauteur. Par ailleurs, Deininger (1960) a montré que l'on pouvait obtenir de bonnes vitesses de frappe et un faible taux d'erreurs quand les touches d'un clavier téléphonique sont espacées d'aussi peu que 0,25 pouce (0,64 cm). Ainsi, bien que les suggestions à ce propos soient quelque peu contradictoires, il semble acceptable de proposer d'utiliser des touches rectangulaires de 0,50 pouce de largeur, moins hautes que larges et séparées l'une de l'autre par un espace d'au moins 0,25 pouce.

Disposition. L'utilisateur du clavier Télidon va inévitablement utiliser certaines touches plus souvent que d'autres. Par exemple, parce que Télidon a besoin d'un finisseur pour la majorité de ses commandes (la touche d'exécution, SEND), cette touche sera la plus fréquemment utilisée. Pour plus de commodité pour l'utilisateur, il est très important que les touches les plus souvent utilisées soient les plus faciles d'accès sur le clavier. En outre, étant donné que le clavier permet des opérations qui interrompent le déroulement normal de la séance si on les déclenche par erreur (par exemple, l'arrêt des opérations), il est important que les touches qui commandent de telles fonctions ne soient pas contiguës aux touches les plus souvent utilisées. L'éloignement de ces deux sortes de touches est nécessaire pour diminuer l'incidence des erreurs graves, étant donné que les touches les plus souvent utilisées seront également, à long terme, les plus susceptibles d'erreurs relevant de la perception et de la motricité. Si les touches disruptives se trouvent à côté des touches les plus souvent utilisées, elles sont susceptibles d'être enfoncées par erreur. Enfin, comme le finisseur intervient obligatoirement après la plupart des commandes, il serait commode que cette touche se trouve près des touches des fonctions qu'elle doit compléter le plus souvent (c'est-à-dire les opérations les plus fréquentes déclenchées par le finisseur).

Caractéristiques physiques. La dimension des touches et de l'espacement entre les touches est un élément important dans la conception des claviers. D'autres caractéristiques physiques des touches influent aussi sur la facilité et le niveau de rendement de l'utilisation d'un clavier, entre autres, la pression et la distance d'enfoncement nécessaires pour actionner la touche, de même que la hauteur de saillie de la touche au-dessus de la surface de l'appareil.

Il est évident qu'une distance d'enfoncement trop grande ou une trop forte résistance à la pression va nuire à la facilité et à la rapidité de l'utilisation du clavier. Toutefois, la pression et la distance d'enfoncement nécessaires doivent être suffisantes pour empêcher le déclenchement accidentel des touches. De nombreuses

valeurs différentes pour les pressions et les distances d'enfoncement idéales ont été avancées. Dreyfuss (1959) a recommandé des pressions de 4,1 à 11 onces (116 à 312 g) et une distance d'enfoncement de 0,19 pouce (0,48 cm). Deininger (1960) n'a observé aucune différence de rendement avec des pressions variant entre 3,5 et 14,1 onces (99 et 400 g) ou des distances d'enfoncement variant entre 0,03 et 0,19 pouce (0,08 et 0,48 cm), mais il a remarqué que les utilisateurs préféraient les touches moins dures à enfoncer. Par contre, Kinkead et Gonzalez (1969) ont constaté que la vitesse de frappe était supérieure lorsque la pression et la distance d'enfoncement étaient relativement faibles; ils ont recommandé des pressions se situant entre 0,9 et 5,3 onces (26 et 150 g) et des distances d'enfoncement se situant entre 0,05 et 0,25 pouce (0,13 et 0,64 cm). Bien que les recommandations soient quelque peu contradictoires, il semble donc raisonnable que la touche offre une résistance d'environ six onces (170 g) et que la distance d'enfoncement soit d'environ 0,13 pouce (0,32 cm).

Les touches doivent évidemment dépasser la surface de l'appareil d'au moins la distance d'enfoncement requise pour les actionner; apparemment, toutefois, il n'existe pas de données indiquant la hauteur de saillie idéale. McCormick (1970, p. 617) recommande cependant une saillie d'au moins 0,13 pouce (0,32 cm). Il semble donc qu'une hauteur de saillie équivalente à une distance d'enfoncement acceptable de 0,13 pouce soit suffisante.

Une autre caractéristique physique mérite d'être mentionnée. Selon Leonard et Newman (1965), la présence d'une rétroaction sensorielle au moment de la frappe est très importante pour améliorer la dextérité de l'opérateur. Le déplacement et la résistance de la touche et l'"écho visuel" du moniteur Télidon fournissent évidemment à l'utilisateur une rétroaction considérable. Il peut être utile, toutefois, d'y ajouter un déclic kinesthésiquement et auditivement perceptible à l'enfoncement de la touche. Dans le même ordre d'idées, West (1967) a remarqué que les utilisateurs dépendent de plus en plus de la rétroaction kinesthésique à mesure qu'ils atteignent des niveaux moyens de dextérité.

Frappes multiples. Il arrivera parfois à l'utilisateur d'enfoncer par inadvertance deux touches ou plus en même temps. Ces frappes multiples pourraient se produire si l'utilisateur posait la main sur les touches ou s'il était maladroit au point d'enfoncer simultanément deux touches voisines. Dans le premier cas, une résistance suffisante de la touche et, dans le second cas, un espacement suffisant des touches réduiront les risques d'accident; toutefois, on les réduirait encore davantage si l'on donnait au clavier ou à l'appareil récepteur des signaux la faculté de ne pas tenir compte des frappes simultanées.

Qu'arriverait-il alors si les frappes multiples accidentelles n'étaient pas exactement simultanées? On voudrait que, là aussi, la commande parasite s'annule automatiquement, mais il faudrait pour cela que le mécanisme de réaction à des frappes successives exige qu'un intervalle minimal les sépare.

Tel étant le cas, la question qui se poserait au concepteur est évidente : quelle devrait être la durée de ce délai obligatoire ? Il s'agit de réprimer les frappes multiples importunes mais de ne pas rejeter les frappes délibérément rapprochées par un débit accéléré. Dans ce contexte, certaines des premières données qui furent publiées sur la vitesse maximale de frappe d'une touche peuvent nous éclairer. Miles (1937) a signalé que certains sujets peuvent atteindre des vitesses allant jusqu'à une frappe par 71,4 ms. D'autres sources, par contre, indiquent des vitesses quelque peu inférieures. Dvorak et al. (1936) ont noté une vitesse maximale d'une frappe par 232 ms et Smith (1967) a souligné que de rares utilisateurs peuvent atteindre des vitesses d'une frappe par 667 ms. Il semble donc que même des délais obligatoires très courts de 50 à 70 ms ne rendraient pas inopérantes les frappes délibérées, mais pourraient réduire le nombre d'erreurs résultant des frappes multiples accidentelles.

Il y a lieu de noter que le mécanisme décrit ci-dessus ne sert pas, comme c'est ordinairement le cas des systèmes de verrouillage-déverrouillage utilisés dans beaucoup d'autres applications, à conserver en mémoire les frappes enregistrées à des

vitesses supérieures à la vitesse d'absorption de l'appareil récepteur (voir Alden et al., 1972; et Davis, 1973). C'est plutôt un mécanisme qui empêche l'introduction de données à des vitesses plus élevées que la vitesse maximale à laquelle l'utilisateur serait vraisemblablement capable de frapper juste.

Facteurs relevant de la cognition

L'utilisateur est capable d'acquérir et de retenir avec une telle facilité l'information nouvelle contenue sur le clavier qu'on peut être tenté de minimiser la complexité des opérations que la manipulation du clavier exigera de lui. Il est très important, au contraire, de faire en sorte que la manipulation du clavier soit la plus simple possible si l'on veut offrir à l'utilisateur un appareil vraiment commode.

Les noms des touches

Certains fabricants de claviers ont résolu le problème d'espace que posent les noms de touche en identifiant chaque touche par un symbole unique. Les lettres ou les chiffres sont évidemment les caractères les plus appropriés pour identifier les touches correspondant aux lettres et aux chiffres. Pour les autres touches, par contre, il est souvent difficile de trouver un symbole relié explicitement à son référent. C'est pourquoi on utilise souvent des symboles arbitraires en présumant implicitement que l'on peut apprendre rapidement à associer un symbole et son référent, ou son objet.

L'utilisation de symboles arbitraires pour identifier les touches du clavier entraîne de graves conséquences, surtout si le clavier n'est destiné qu'à une utilisation occasionnelle. Elle impose des efforts supplémentaires à l'utilisateur inexpérimenté déjà obligé d'apprendre les règles et les possibilités d'interaction du système. On devrait

donc, si possible, éviter d'utiliser des symboles arbitraires et désigner plutôt les touches au moyen de symboles reliés explicitement à leur référent ou au moyen de courts mots adéquats.

Même les symboles ayant des référents explicites peuvent aussi faire problème lorsqu'ils ne sont pas utilisés correctement. Les symboles dont les référents sont spatiaux (par exemple la flèche horizontale indiquant un mouvement vers la droite ou vers l'avant) ne devraient identifier que les opérations qui, selon la conceptualisation du système dans l'esprit de l'utilisateur, aboutissent à un changement compatible d'emplacement. En outre, certains auteurs (voir, par exemple, Fitts et Seeger, 1953) laissent entendre que même l'orientation de l'activité motrice nécessaire pour enfoncer une touche devrait être compatible avec toute association spatiale du symbole qui sert de nom de touche. L'utilisation de symboles explicites requiert donc un examen attentif de la concordance du symbole avec son référent et même, dans certains cas, de la concordance du mouvement du doigt avec l'objet du symbole.

Séquencement

Étant donné le peu d'espace dont on dispose forcément sur un clavier aussi petit, les concepteurs peuvent être tentés de réduire le nombre de touches nécessaires, en permettant soit la frappe simultanée d'un certain nombre de touches, soit, dans le cas de Télidon, la frappe d'une série de touches en séquence, pour définir l'opération dont le finisseur déclenchera ensuite l'exécution. Il s'agit bien ici du cas où l'accord définit une fonction distincte de toute fonction par ailleurs commandée individuellement par l'une ou l'autre des frappes dont l'accord se compose, et non pas du cas où l'on ajoute un modificateur à une opération. Même les adeptes de la frappe simultanée (par exemple, Seibel, 1972, p. 320 et 328), qu'on a appelée ici accord plaqué, admettent qu'elle exige beaucoup de pratique, surtout pour apprendre le

"vocabulaire" du code. Comme le séquencement est aussi une forme d'accord, à la différence qu'il est arpégé au lieu d'être plaqué, il exigera inévitablement, lui aussi, un apprentissage considérable.

Pour illustrer le problème que pose le séquencement, examinons la tâche à laquelle fait face l'utilisateur. Pour utiliser adéquatement les ressources du séquencement, il doit d'abord savoir que l'opération qu'il veut exécuter ne peut être commandée par une seule frappe et, par conséquent, qu'il est inutile de chercher sur le clavier un nom de touche désignant cette opération. Il doit ensuite se rappeler dans l'ordre la série de frappes nécessaires pour définir l'opération recherchée, ou obtenir cette séquence en consultant une source extérieure. Enfin, il doit enfoncer dans le bon ordre la série de touches qu'il aura repérées grâce aux noms de touche dont il aura simultanément effacé de son esprit les référents habituels. Comme on peut le constater, le séquencement est un procédé ardu et malaisé, qu'on devrait toujours chercher à éviter et, s'il s'avère inévitable, qu'on ne devrait jamais imposer à l'utilisateur pour des opérations urgentes ou délicates.

Exploration stratégique

Nous avons déjà parlé ailleurs de l'exploration du clavier, mais sans nous attarder au rôle que joue la stratégie dans cette exploration. Il est bien évident que l'utilisateur expérimenté n'explore pas tout le clavier pour trouver le nom de touche (ou la touche) qu'il cherche: il se souvient de l'emplacement approximatif de la touche et n'explore que cette partie du clavier. Même l'utilisateur occasionnel ou inexpérimenté peut utiliser avec succès cette stratégie si les touches sont disposées sur le clavier en groupements fonctionnels (par exemple: les chiffres ensemble, les opérations ensemble, etc.).

On devrait pouvoir faciliter encore davantage l'exploration en adoptant, pour les touches qui composent chaque groupement, une

disposition intuitivement prévisible même par le nouvel utilisateur. Par exemple, Lutz et Chapanis (1955) ont démontré que, lorsque l'on demande aux gens de disposer les chiffres de 0 à 9 à l'intérieur d'une matrice en blanc de 3 sur 3 plus un dixième emplacement excentrique, la tendance dominante consiste à placer les chiffres en comptant de 1 à 9 à partir du haut et à mettre le zéro à part. On pourrait donc présumer que le rendement serait supérieur si on adoptait cette disposition "prévue" plutôt que des dispositions différentes. Une expérience de Conrad et Hull (1968) vient corroborer cette hypothèse : ils ont constaté une vitesse et une précision de frappe plus grandes avec la disposition "prévue" qu'avec un agencement où l'ordre des chiffres est inversé. L'exploration sera donc plus facile si les touches sont groupées par fonctions et disposées dans chaque groupe selon un ordre prévu.

MISE EN OEUVRE DES RECOMMANDATIONS

Dans la section précédente, nous avons revu brièvement la documentation pertinente concernant les facteurs humains et formulé à l'intention des concepteurs de claviers des recommandations s'inspirant de cette documentation. Le tableau 1 résume quelques-unes de ces recommandations. Nous proposons ensuite un modèle de clavier conforme aux exigences relevées. Ce clavier ne peut servir à l'introduction de données alphabétiques, mais nous proposons aussi plus loin un modèle présentant une solution acceptable pour combler cette lacune.

Modèle de clavier numérique

La figure 1 montre la face supérieure de l'appareil proposé et donne une explication succincte des noms de touche dont le référent n'est pas évident. Le clavier est montré en grandeur approximativement naturelle.

Le clavier mesure 2,50 pouces (6,35 cm) de largeur. Il est donc conforme aux mesures anthropométriques recommandées concernant l'axe de préhension maximal pour l'utilisation du clavier avec une seule main et avec les deux mains. On remarquera aussi que les touches sont réparties sur trois colonnes seulement et qu'aucune touche ne se trouve, en son centre, à plus de 2 pouces (5,08 cm) du bord de l'appareil. Ainsi, lors de la manipulation du clavier avec une seule main, toute personne se situant au moins au cinquième centile peut atteindre toutes les touches. Il est bien évident que le pouce ne peut atteindre toutes les touches en restant à la même position; par exemple, les femmes qui se situent au cinquième centile pourraient atteindre sans déplacer leur pouce une ou plusieurs touches de seulement sept des huit rangées de touches. C'est pourquoi, pour enfoncer les touches hors d'atteinte du pouce, il faut soit déplacer le pouce, soit utiliser l'autre main.

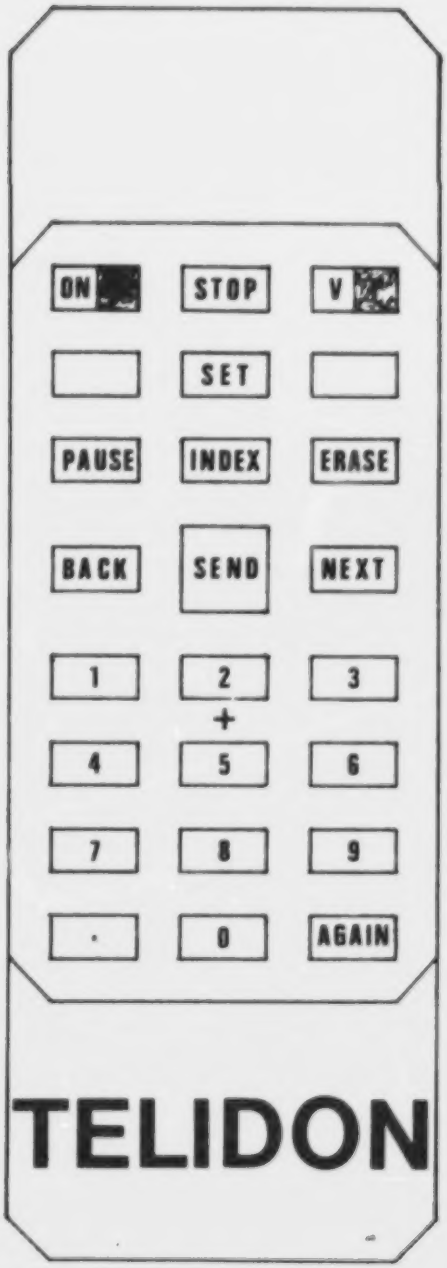
Étant donné la plus grande mobilité angulaire du pouce lorsqu'il est écarté de la main que lorsqu'il est ramené vers la paume, l'utilisateur qui manipule son appareil d'une seule main devrait le tenir de façon à ce que la base de son pouce se trouve au centre ou plus bas que le centre de la surface du clavier. En déplaçant vers le bas le centre de gravité de l'appareil, on assure donc une plus grand stabilité lors de la manipulation avec une seule main. Le centre de gravité du nouveau modèle proposé à la figure 1 se trouverait entre les touches "2" et "5"; sur la figure, il est indiqué par une croix (+).

Des 24 touches que possède le modèle proposé, toutes mesurent 0,50 sur 0,25 pouce (1,25 sur 0,64 cm), à l'exception d'une qui mesure 0,50 sur 0,50. L'espacement horizontal et vertical minimal entre les touches est de 0,25 pouce. La largeur et l'espacement des touches respectent donc les recommandations faites précédemment. Toutefois, la longueur de la plupart des touches est légèrement inférieure au maximum proposé par Dreyfuss (1959); nous avons réduit cette longueur afin de laisser plus d'espace entre les touches.

Tableau 1

Recommandations relevant de facteurs humains pour la conception des claviers Télidon

Facteur		Recommandation
Touches :		
	largeur	0,50 pouce (1,27 cm), environ
	longueur	0,44 pouce (1,12 cm), environ
	espacement hors tout	0,25 pouce (0,64 cm), environ
	résistance	6,00 onces (170 g), environ
	enfoncement	0,13 pouce (0,32 cm), environ
	saillie	0,13 pouce (0,32 cm), environ
Noms de touche :		
	plus grande dimension - signes	0,15 pouce (0,38 cm), minimum
	- lettres	de 0,10 à 0,15 pouce (0,25 à 0,38 cm)
	emplacement	sur les touches
	contraste	noir sur fond blanc
	nombre maximum de couleurs	9
	de formes	de 5 à 8
	de mots	à l'infini
Appareil :		
	axe de préhension	2,50 pouces (6,35 cm), maximum
	épaisseur	0,75 pouce (1,91 cm), maximum
	disposition des chiffres	comme sur l'appareil téléphonique à clavier
	mécanisme de rétroaction	déclic perceptible au toucher et à l'ouïe
	séquencement	non recommandé
	période de blocage des touches	de 50 à 75 ms



NOMS DE TOUCHE

ON/OFF - ouverture ou fermeture de Télidon; le bouton OFF termine la séance de travail

STOP - dégage l'écran et fait cesser l'opération en cours

V/T - permet de choisir entre le vidéotex et le télétexte

SET - suivie par une ou plusieurs autres frappes, précise les opérations à exécuter

PAUSE - fixe l'image jusqu'à ce que l'on appuie sur la touche SEND

INDEX - retourne à la page de choix qui précède immédiatement; enfoncée deux fois, la touche renvoie à la première page de choix

ERASE - annule le dernier caractère, sauf la commande SEND

BACK - retourne à la dernière page visualisée

SEND - fait exécuter l'opération

NEXT - avance à la page suivante

AGAIN - transmet de nouveau la même page; utilisée après une erreur de transmission

Figure 1. Illustration du clavier numérique.

Nous avons déjà recommandé de placer aux endroits les plus accessibles les touches les plus fréquemment utilisées. Lorsque l'on manipule le clavier avec une seule main, ces touches se trouvent alors près du centre géométrique du clavier et plus haut que le centre de gravité de l'appareil. En conséquence, nous avons placé dans la quatrième rangée les touches commandant les opérations SEND, BACK et NEXT. On remarquera aussi que nous avons rendu ces touches plus accessibles pour la manipulation avec une seule main ou avec les deux mains en augmentant leur grosseur ou l'espacement vertical entre elles et les touches voisines.

Les touches qui peuvent interrompre le déroulement normal de la séance si elles sont enfoncées par erreur ne doivent pas se trouver à côté des touches les plus souvent utilisées. C'est pourquoi les touches AGAIN, STOP, ON/OFF et V/T se trouvent à au moins deux rangées des touches SEND, BACK et NEXT. Nous avons néammoins placé dans une rangée adjacente aux touches les plus souvent utilisées les touches PAUSE, INDEX et ERASE qui peuvent aussi interrompre la séance, parce qu'elles sont appelées, elles aussi, à servir fréquemment. L'espacement vertical entre ces deux rangées est toutefois plus grand (0,63 pouce (1,59 cm) de centre à centre) qu'entre la plupart des autres rangées du clavier.

L'agencement des touches INDEX, BACK, SEND et NEXT répond à deux autres exigences d'un bon clavier. Premièrement, étant donné que les commandes INDEX, BACK et NEXT compteront parmi les plus fréquemment utilisées et que chacune d'elles sera suivie du finisseur SEND, les touches utilisées le plus souvent ensemble sont placées l'une à côté de l'autre. Deuxièmement, si l'on prend la touche SEND comme point d'origine, les mouvements nécessaires pour enfoncer les touches BACK, NEXT et INDEX sont assez compatibles avec leurs référents (conceptuellement INDEX désigne le retour à un ordre de choix supérieur; de même, les référents vers l'avant et vers l'arrière de NEXT et de BACK sont compatibles respectivement avec la droite et avec la gauche).

Comme nous l'avons recommandé, les noms de touche sont en noir et posés directement sur les touches. En outre, toutes les touches sont

blanches, à l'exception des touches de deux tons V/T et ON/OFF. Le fort contraste entre les noms de touche et le fond sur lequel ils se détachent facilite l'exploration du clavier, et l'absence d'ambiguïté dans le rapport touche-nom de touche simplifie la localisation des touches.

Comme on le voit sur la figure, on peut placer sur la surface d'une touche au moins cinq lettres de la grosseur recommandée ou à peu près. À l'exception des touches V/T, "." et des chiffres, toutes les touches sont identifiées par des mots courts explicitement reliés à leurs référents opérationnels. Il ne devrait donc pas être très difficile d'apprendre le vocabulaire de base de l'appareil, ce qui devrait par conséquent en faciliter la manipulation par des utilisateurs occasionnels ou inexpérimentés.

Il faut bien dire, cependant, que la solution fournie en l'occurrence par la langue anglaise au problème des noms de touche plaçait le concepteur dans une situation privilégiée; il est difficile de trouver en français des mots aussi courts qui en soient l'équivalent sémantique. Une touche de 0,50 pouce (1,27 cm) de largeur est trop étroite pour qu'on y place aisément plus que six lettres. Si aucun des équivalents jugés acceptables n'est assez court, on devra rapetisser les lettres ou abréger les mots. Ces deux solutions ont leurs inconvénients : les lettres plus petites seront plus difficiles à distinguer et les abréviations peuvent être plus difficiles à apprendre. Devant ce dilemme, nous recommandons l'abréviation, pourvu qu'on puisse quand même éviter toute équivoque.

Les touches numériques sont disposées dans une matrice de 3 chiffres sur 3, en comptant à partir du haut; le zéro est centré sous la troisième rangée. Cette disposition présente deux avantages. Premièrement, d'après les données citées par Lutz et Chapanis (1955) et par Conrad et Hull (1968), cette disposition est conforme aux attentes de l'utilisateur et donnera une bonne vitesse de frappe. Deuxièmement, cette disposition correspond à celle des appareils téléphoniques à clavier conventionnels et sera donc familière à beaucoup

d'utilisateurs. Elle procure donc pour l'exploration, et cela même aux utilisateurs inexpérimentés, les avantages découlant d'attentes ou de l'expérience antérieure, voire des deux à la fois.

Ce clavier pourrait aussi pourvoir à l'intervalle de frappe obligatoire recommandé précédemment, et l'on pourrait y appliquer les suggestions relatives à l'enfoncement, à la résistance et à la saillie des touches. La rétroaction y serait accentuée par un déclic kinesthésiquement et auditivement perceptible. En accord avec les données anthropométriques, l'épaisseur de la zone de préhension de l'appareil ne dépasserait pas 0,75 pouce (1,91 cm). Enfin, la face du clavier est inclinée vers l'utilisateur à un angle d'environ 10°, afin d'accroître la visibilité des noms de touche lorsque l'appareil est posé à plat.

Pour conclure, on remarquera que non seulement aucune des opérations urgentes ou fréquemment commandées au Télidon ne requiert de séquencement dans ce nouveau clavier, mais encore qu'on peut en étendre les possibilités de frappe unique puisque deux touches n'ont pas de fonction attitrée. Enfin, on peut commander des opérations qui ne sont ni urgentes ni fréquemment utilisées en enfonçant successivement la touche SET et une ou plusieurs autres touches.

Modèle de clavier alphanumérique

Certaines des applications éventuelles du Télidon (par exemple, la messagerie électronique) exigeront l'introduction directe de caractères alphabétiques. Il est évident que le clavier présenté dans la section précédente de notre exposé n'offre pas cette possibilité. Comment, alors, peut-on fournir cette possibilité à l'utilisateur de Télidon tout en respectant les recommandations relatives aux facteurs humains ?

Le clavier alphanumérique classique est sûrement celui qui convient le mieux à quiconque fait grand usage de l'alphabet : il offre

tous les caractères alphabétiques et numériques, les signes de ponctuation nécessaires et, pour peu qu'on ait déjà tapé à la machine, l'agencement des touches présente une image familière. On pourrait pourvoir aux opérations de Télidon au moyen d'un bloc de touches constituant un appareil séparé ou qui serait intégré au clavier alphanumérique. On pourrait, par exemple, insérer l'appareil illustré à la figure 1 de la même façon que l'on applique à de nombreux claviers le bloc numérique et à commande par curseur.

Ceux qui ne prévoient pas avoir souvent besoin de l'alphabet seront sans doute peu disposés à s'encombrer d'un clavier classique, coûteux de surcroît. Pour ces utilisateurs, il faudrait plutôt un appareil unique s'inspirant du modèle proposé à la figure 1, mais dont le clavier comprendrait, en plus des principales touches de fonction du Télidon, les caractères alphanumériques et de ponctuation nécessaires. Malheureusement, un tel clavier risquerait fort de violer certaines des recommandations formulées concernant les facteurs humains. Comment, par exemple, ajouter de 35 à 40 caractères supplémentaires au clavier illustré à la figure 1 sans augmenter considérablement la taille de l'appareil ou, inversement, rapetisser et rapprocher les touches ? L'augmentation du nombre des opérations possibles augmenterait sans doute aussi la fréquence des recours obligatoires au séquencement, ce qui n'est certes pas souhaitable.

La meilleure façon d'offrir un clavier Télidon alphabétique intégré consisterait peut-être à miniaturiser le clavier classique élargi de la façon décrite plus haut, tout en respectant les recommandations anthropométriques concernant la taille et l'espacement des touches. Il va de soi qu'un tel appareil serait destiné surtout à être utilisé à plat sur une table : il mesurerait au moins 13 sur 2,5 pouces (33 sur 6,4 cm) si l'on plaçait les lettres dans l'ordre normal de présentation du clavier d'une machine à écrire et si l'on disposait les touches du clavier de la figure 1 de façon à ce que le bloc des commandes de Télidon se trouve à côté du bloc numérique.

On pourrait aussi offrir les possibilités alphabétiques sur un clavier portatif distinct dont l'achat serait facultatif. De cette façon, les utilisateurs non intéressés par les ressources alphabétiques n'auraient pas à supporter inutilement le coût et l'encombrement de l'appareil complet et ceux qui ne recourront qu'occasionnellement au clavier alphabétique n'auraient pas à acheter un appareil difficile à manipuler.

La figure 2 présente un modèle portatif acceptable qui permet l'introduction directe des lettres et des signes de ponctuation. (Il est à remarquer que ce clavier a les mêmes dimensions que l'appareil de base.) On constate que le concepteur a respecté les principes qui avaient présidé à la conception du clavier de la figure 1. Il est donc superflu de reprendre ici l'explication des caractéristiques communes aux deux modèles. Nous nous contenterons de signaler certaines des caractéristiques spéciales du modèle alphanumérique.

On remarquera d'abord que certaines des opérations de Télidon commandées par le clavier numérique le sont également par le clavier alphanumérique; ce sont les opérations que nous estimons les plus nécessaires pour utiliser les ressources alphabétiques du clavier. Les touches PAUSE, ERASE et STOP fonctionnent comme sur le clavier numérique, mais la touche SEND correspond davantage à la touche de retour d'un clavier ordinaire.

Les touches sont disposées en trois blocs. Le bloc des chiffres et des signes de ponctuation respecte la présentation des téléphones à clavier conventionnels. Pour commander les signes de ponctuation, on enfonce d'abord la touche SHIFT, puis la touche représentant le signe voulu, comme le laisse deviner la couleur identique de la touche SHIFT et de la surface sur laquelle est reproduit chacun des signes de ponctuation.

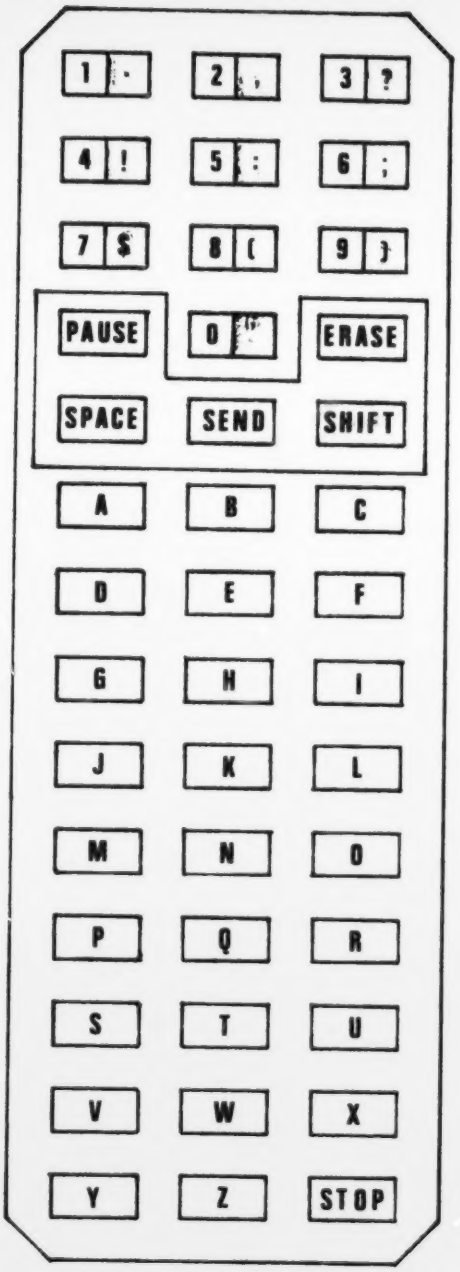
Nous avons choisi les signes de ponctuation selon leur importance dans l'usage normal en anglais. Des données tirées de Thurlow (1980) viennent appuyer notre choix. Thurlow a demandé à des personnes qui

écrivent beaucoup à la machine d'énumérer les signes de ponctuation et les autres symboles qu'elles jugeaient nécessaires sur les claviers; nous avons retenu dans notre modèle de clavier alphanumérique dix des onze symboles les plus souvent cités.

Il est à remarquer que le clavier numérique et le clavier alphanumérique contiennent tous les deux un bloc de chiffres, et ce, pour deux raisons. D'abord, les chiffres seront importants pour exploiter toutes les possibilités d'applications telles que la messagerie électronique, et il est commode de les avoir sur le même appareil que les lettres de l'alphabet et les signes de ponctuation. Ensuite, il est possible que les décodeurs Télidon utilisés actuellement traitent de façon différente les commandes du clavier de base et celles du clavier alphanumérique. Par l'inclusion du bloc de chiffres dans l'appareil à clavier alphabétique, on s'assure qu'un message composé de lettres et de chiffres demeurera intégré, malgré toute différence éventuelle de traitement entre les commandes du clavier de base et les commandes alphabétiques.

Le bloc central inclut presque toutes les fonctions de Télidon retenues pour le modèle alphanumérique, plus les touches SHIFT et SPACE. Il est à remarquer que les rapports spatiaux entre les touches PAUSE, SEND et ERASE sont les mêmes que sur le clavier de base.

Les lettres du bloc alphabétique sont disposées selon l'ordre alphabétique; la touche STOP se trouve à côté de deux lettres rarement utilisées en anglais, X et Z. Il reste toutefois à savoir si cette disposition des lettres est adéquate. Elle peut convenir si les utilisateurs estiment l'emplacement d'une lettre sur le clavier d'après son ordre dans l'alphabet; par contre, si les utilisateurs explorent le bloc alphabétique en commençant par le haut, il peut être utile de disposer les lettres selon leur fréquence d'utilisation relative tant en anglais qu'en français. Ainsi, les lettres les plus fréquentes (par exemple, E) se trouveraient dans le haut du bloc alphabétique et les



NOMS DE TOUCHE

PAUSE - fixe l'image jusqu'à ce que l'on enfonce la touche SEND

ERASE - annule le caractère précédent, à l'exception de la commande SEND

SPACE - laisse un espace en blanc

SEND - accepte la ligne de texte ou exécute l'opération

SHIFT - caractère suivant en haut de casse; touche utilisée pour les majuscules et les signes de ponctuation

STOP - dégage l'écran et annule l'opération en cours

Figure 2 Prolongement alphabétique possible du clavier de base présenté à la figure 1. À remarquer que l'appareil a les mêmes dimensions que le clavier de base.

moins fréquentes dans le bas. On repérerait ainsi la majorité des lettres avant d'avoir exploré la moitié du bloc alphabétique.

En résumé, il y a plusieurs moyens de fournir des possibilités alphabétiques à l'utilisateur sans transgresser gravement les règles dictées par les facteurs humains. L'utilisateur devrait toutefois pouvoir décider s'il veut ou non s'en prévaloir. S'il a besoin des lettres de l'alphabet, il devrait choisir l'appareil qui répond à ses besoins. Un clavier classique, grandeur normale ou miniaturisé, semblerait le plus adéquat s'il prévoit faire grand usage de l'alphabet; autrement, un appareil comme celui qui est illustré à la figure 2 pourrait suffire.

CLAVIERS SUR LE MARCHÉ ACTUELLEMENT

Nous examinerons maintenant très brièvement les quatre claviers actuellement disponibles pour les systèmes Télidon. Chaque appareil est examiné à tour de rôle à la lumière des recommandations relatives aux facteurs humains déjà présentées.

Avant d'aller plus loin, nous devons souligner que les claviers examinés comptent parmi les premiers modèles produits et qu'ils devraient par conséquent être considérés seulement comme la première étape d'une démarche visant à faire de Télidon une des commodités de la vie moderne. Nous avons conçu le présent exposé dans l'intention d'aider les entreprises à perfectionner toujours davantage les méthodes et les appareils d'introduction de données.

Appareils numériques

Les claviers Mark 3 de Norpak et Vista de Bell permettent à l'utilisateur de commander les opérations de base de Télidon, au moyen des touches numériques et des touches de fonction qui règlent le déroulement de l'information sur l'écran de télévision. Les fins auxquelles ils sont destinés correspondent donc étroitement à celles du clavier de base proposé à la figure 1.

Mark 3 de Norpak

Le clavier de Norpak est illustré de face à la figure 3. L'appareil mesure environ 3,13 pouces (7,94 cm) de largeur et offre donc un axe de préhension plus grand que l'axe recommandé pour l'utilisation du clavier avec une seule main ou avec les deux mains. En outre, l'épaisseur moyenne de l'appareil (1,17 pouce, 2,96 cm) dépasse l'épaisseur recommandée pour l'utilisation avec une seule main.

Comme on peut le voir sur la figure, on a adopté pour les touches deux mesures différentes; elles ont toutes environ 0,16 pouce (0,40 cm) en longueur, mais elles mesurent soit 0,28, soit 0,34 pouce (soit 0,71, soit 0,87 cm) en largeur. Les touches sont donc plus petites que ce qui est suggéré. L'espacement minimal entre les touches, tant vertical (0,22 pouce, 0,56 cm) qu'horizontal (0,16 pouce, 0,40 cm), est aussi inférieur à l'espacement suggéré dans les études sur les facteurs humains.

Contrairement aux recommandations, les noms de touche sont à peu près au centre vertical de l'espace qui sépare les rangées de touches, ce qui crée une incertitude considérable dans le cas des touches qui occupent les positions centrales du clavier. En revanche, les noms de touche sont faciles à distinguer et offrent un fort contraste avec leur fond, et la taille des lettres (0,12 pouce, 0,30 cm), comme celle des symboles (0,13 à 0,28 pouce, 0,32 à 0,71 cm), est tout à fait conforme aux mesures suggérées.

Le lecteur aura constaté qu'un des symboles du clavier de Norpak (V/T) est aussi utilisé dans le clavier illustré à la figure 1. Il convient de souligner que nous avons emprunté ce nom de touche au clavier de Norpak; nous n'avons pu en trouver de meilleur pour le sélecteur VIDÉOTEX/TÉLÉTEXTE. Les autres noms de touche du clavier de Norpak sont toutefois plutôt énigmatiques, car, pour commander les fonctions qui y correspondent, l'utilisateur doit d'abord en apprendre la signification; cet inconvénient pourrait être évité. L'opération SEND (exécution), par exemple, est représentée par un carré blanc dans

NOMS DE TOUCHE

TV	- ouverture et fermeture du Télidon
V/T	- vidéotex ou télétexte
S, R	- touches non affectées
//	- transmet de nouveau la page
	- annule l'opération, dégage l'écran
	- fixe l'image jusqu'à ce que la touche soit enfoncée
	- annule l'entrée
	- page précédente
	- page suivante
	- page de choix précédente; enfoncée deux fois, elle renvoie à la première page de choix
F	- suivie d'une ou de plusieurs frappes, précise les opérations à effectuer
	- exécute

Figure 3. Reproduction du clavier Mark 3 de Norpak.

le coin inférieur droit de l'appareil; les utilisateurs inexpérimentés se plaignent parfois de la confusion possible avec le rectangle identifiant la fonction qui consiste à annuler l'opération.

Enfin, on remarque que, bien que les touches numériques soient disposées selon la présentation recommandée du téléphone à clavier, les touches de fonction sont dispersées sur toute la surface du clavier. L'emplacement de la touche SEND (exécution) dans le coin inférieur droit en rend l'accès difficile si l'on utilise le clavier avec une seule main, et pourtant cette touche est la plus fréquemment utilisée. De même, les touches BACK (flèche orientée à gauche) et NEXT (flèche orientée à droite), qui sont souvent utilisées elles aussi, se trouvent à côté de touches qui interrompent la séance (celle qui annule les opérations et celle qui reprend la transmission de la page), plutôt qu'à côté de la touche SEND (exécution) qui doit être enfoncée après pour déclencher ces fonctions. On remarquera finalement que les touches SEND, NEXT et BACK sont dans le groupe des plus petites touches du clavier bien qu'elles soient appelées à servir beaucoup.

Vista de Bell

Le clavier Vista est illustré grandeur nature à la figure 4. Il mesure environ 2,75 pouces (6,99 cm) de largeur; l'axe de préhension correspond donc grosso modo aux recommandations concernant les données anthropométriques. Toutefois, avec environ 0,28 pouce (0,71 cm) de largeur sur 0,19 pouce (0,48 cm) de longueur, les touches sont plus petites que ce qui a été recommandé. L'espacement entre les rangées de touches (0,38 pouce, 0,95 cm) dépasse l'espacement minimal suggéré, alors que l'espacement horizontal entre les touches (0,19 pouce, 0,48 cm) est quelque peu inférieur à celui que suggère la documentation sur les facteurs humains.

Nous avons déjà suggéré de mettre les noms de touche directement sur les touches à moins de laisser entre les rangées un espace suffisant pour associer clairement les étiquettes aux touches, ce que l'on a réussi à faire sur le clavier Vista. Par contre, les noms de touche

sont composés de lettres minuscules et les caractères sont plus petits que la grandeur recommandée. La hauteur des lettres et des chiffres ne dépasse pas 0,09 pouce (0,22 cm); on pourrait aller jusqu'à 0,13 pouce (0,32 cm) sans nuire à l'association entre l'étiquette et la touche.

Pour les noms des touches de fonction du clavier Vista, on s'est servi de mots courts et, pour le clavier français, d'abréviations qui renvoient explicitement aux opérations, comme le proposaient les recommandations sur les facteurs humains. Cette caractéristique devrait donc faciliter l'utilisation de l'appareil par des utilisateurs nouveaux ou inexpérimentés.

La disposition des touches numériques est conforme à la présentation conventionnelle des touches du téléphone à clavier et correspond donc aux attentes et à l'expérience préalable des utilisateurs. Par contre, la disposition des touches de fonction laisse à désirer. La touche ARRÊT, par exemple, se trouve dans la rangée inférieure des touches, ce qui est malheureux pour deux raisons. Premièrement, il existe un élément d'urgence dans le choix de la commande ARRÊT et il serait plus commode de la rapprocher des touches d'exécution et de choix des pages. Deuxièmement, la touche ARRÊT avoisine dangereusement la touche VISTA/TV (fermeture du système). Cette proximité est inquiétante parce que l'enfoncement de la touche VISTA/TV terminera immédiatement la séance et que les risques d'enfoncement accidentel de cette touche à la place de la touche ARRÊT sont relativement élevés si l'on tient compte de la fréquence et de l'urgence de la commande ARRÊT.

La disposition des touches RETOUR (reprendre dans l'ordre inverse les 10 dernières pages visualisées), PRÉCÉD. et SUIVANTE est loin d'être idéale. On pourrait les associer davantage à leurs référents spatiaux en les disposant, de gauche à droite, ainsi: RETOUR, PRÉCÉD. et SUIVANTE. En outre, il y a lieu de signaler que cette disposition peut constituer un handicap pour l'utilisateur dont la main est petite si, utilisant le clavier de la main gauche seulement, il veut enfoncer les touches RETOUR, PRÉCÉD., SUIVANTE et TRANSM.

NOMS DE TOUCHE

Télécommande Vista

transm. - exécute l'opération

suivante - page suivante

précèd. - page précédente

effacer - ramène à l'écran le répertoire de services

retour - annule le caractère précédent

début - reprend dans l'ordre inverse les dix dernières pages visualisées

répéter - affiche la page de nouveau

page - affiche le numéro de page

fonction - suivie d'une ou de plusieurs autres frappes, précise les opérations à exécuter

vista/tv - ouverture et fermeture du système

arrêt - fixe l'image jusqu'à ce que la que la touche soit enfoncée de nouveau

agrandir - agrandit la moitié inférieure ou supérieure de la page

aide - demande les directives d'utilisation

Figure 4. Reproduction du clavier Vista de Bell.

En terminant, nous devons mentionner trois autres inconvénients du clavier Vista. D'abord, le clavier ne possède aucune touche permettant à l'utilisateur de retourner directement à un ordre de choix immédiatement supérieur, à moins que la page de choix en question ne soit la dernière page visualisée ou le répertoire de services. Ensuite, le guide d'utilisation du clavier Vista indique que l'image présentée sur le moniteur Télidon ne correspond pas aux noms des touches de fonction; à moins que l'image présentée à l'écran ne corresponde aux noms des touches, on s'expose à dérouter l'utilisateur inexpérimenté. Enfin, l'épaisseur de l'appareil (1,19 pouce, 3,02 cm) est légèrement supérieure à l'épaisseur maximale souhaitable pour l'utilisation du clavier avec une seule main.

Appareils alphanumériques

Les claviers Microtel et Electrohome permettent d'introduire, en plus des opérations de base du Télidon et des chiffres, les caractères alphabétiques. La conception d'appareils dont les possibilités de commandes alphabétiques sont combinées, sur un clavier unique, à celles des appareils numériques, se heurte à la tâche difficile de concilier l'obligation de respecter les caractéristiques relevant de facteurs humains que doit posséder un appareil portatif d'introduction de données et la nécessité d'y loger toutes ces touches. Comme nous le verrons ici, les deux fabricants ont abordé le problème différemment.

Microtel

La figure 5 montre de face l'appareil de Microtel. La largeur maximale est de 3,19 pouces (8,10 cm) et offre un axe de préhension plus grand que celui précédemment recommandé. En outre, l'épaisseur moyenne de l'appareil (1,17 pouce, 2,96 cm) dépasse la mesure recommandée pour l'utilisation avec une seule main.

Comme on peut le voir sur l'illustration, les touches mesurent environ 0,17 pouce (0,44 cm) de longueur sur 0,28 ou 0,38 pouce (0,71 ou 0,95 cm) de largeur. La dimension des touches est donc inférieure à

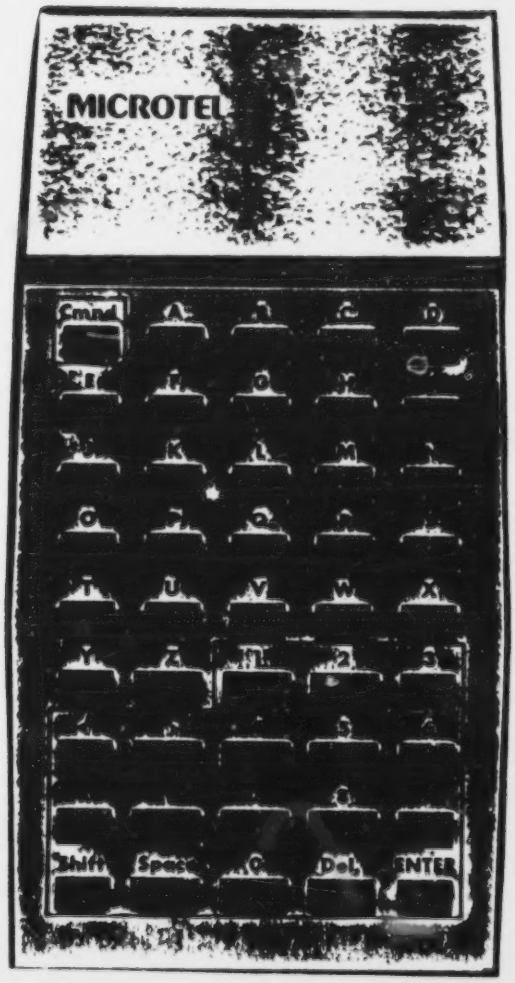
celle suggérée précédemment. De même, l'espacement entre les touches, tant horizontal (0,13 et 0,19 pouce, 0,32 et 0,48 cm) que vertical (0,20 pouce, 0,52 cm), est inférieur à l'espacement minimal recommandé de 0,25 pouce (0,64 cm).

À l'encontre des suggestions faites précédemment, on a placé les noms de touche au centre ou près du centre de l'espace vertical entre les touches. L'utilisateur inexpérimenté pourra sans doute difficilement déterminer d'emblée à quelles touches correspondent les noms de la partie la plus centrale du clavier. En outre, bien que les noms de touche soient nettement dessinés et offrent un fort contraste avec leur fond métallique clair, les caractères sont plus petits (0,06 pouce, 0,16 cm) que la taille recommandée.

Pour désigner les touches de fonction, on utilise un mélange de mots courts, d'abréviations et de symboles. Les mots utilisés ne devraient pas poser de problème à l'utilisateur inexpérimenté puisqu'ils renvoient explicitement aux opérations représentées. Il en est de même, dans une certaine mesure, pour les abréviations, mais le choix des symboles est beaucoup moins heureux. Par exemple, dans un contexte alphanumérique, les symboles signifiant ici "page suivante" et "page précédente" pourraient sugérer à beaucoup d'utilisateurs les notions mathématiques de "plus grand que" et de "plus petit que".

Le lecteur aura remarqué qu'un bon nombre des opérations offertes sur les claviers numériques ne sont pas représentées sur l'appareil de Microtel. La contrepartie de cette absence est l'utilisation fréquente du séquencement dans la définition des opérations. On se rappellera que l'étude des facteurs relevant de la cognition était particulièrement défavorable au séquencement, car cette solution implique un vocabulaire complexe exigeant un effort considérable du nouvel utilisateur qui doit l'apprendre et de l'utilisateur occasionnel qui doit s'en souvenir.

L'utilisateur de l'appareil de Microtel doit recourir au séquencement pour commander plusieurs des opérations du Télidon et pratiquement tous les signes de ponctuation et pour un certain nombre de



NOMS DE TOUCHE

Cmnd - suivie d'une ou de plusieurs autres frappes, précise les opérations à effectuer

< - page précédente

> - page suivante

^ - page de choix précédente

Shift - met la donnée suivante en haut de casse

Space - insère un espace en blanc

Del. - annule l'entrée

ENTER - exécute

Figure 5. Reproduction du clavier de Microtel.

commandes propres au clavier (par exemple, le verrouillage du clavier en haut ou en bas de casse. Il est déplorable que l'opération PAUSE, notamment, soit parmi celles qui nécessitent un séquencement : l'utilisateur doit enfoncer la touche SHIFT, puis la touche SPACE. On exige donc la frappe de deux touches pour une opération qui a toujours un caractère d'urgence.

Pour obtenir un bon rendement de ce clavier, il est évident que l'utilisateur a beaucoup de choses à apprendre. Les fabricants ont tenté d'atténuer son problème en lui fournissant le résumé de quelques séquencements au dos de l'appareil. Il importe néanmoins de noter que ce résumé, s'il réduit le problème, ne l'élimine pas.

Comme nous le montre la figure, le clavier comporte deux blocs fonctionnels. La disposition des touches numériques est une variante de celle qu'on trouve sur les téléphones à clavier, le zéro étant à gauche de sa position ordinaire. Cette dérogation pourra causer quelque difficulté aux utilisateurs très habitués aux téléphones à clavier, étant donné que la commande DELETE (annulation) occupe l'emplacement où ils s'attendront à trouver le zéro. Les lettres sont disposées en ordre alphabétique, ce qui permet à l'utilisateur d'estimer l'emplacement d'une lettre du clavier selon l'ordre qu'elle occupe dans l'alphabet.

Les opérations de Télidon qui requièrent l'enfoncement d'une seule touche sont groupées dans les trois rangées inférieures de l'appareil, à côté des touches numériques. Il est à remarquer que les touches servant à commander l'exécution, le retour à la page précédente et le retour à l'index sont parmi les plus petites du clavier. En outre, comme dans le cas de "page suivante", l'espacement horizontal entre ces touches et les touches voisines est aussi parmi les plus petits du clavier. L'utilisateur aura donc du mal à frapper juste et c'est dommage car il est appelé à se servir très souvent de ces touches, surtout de la touche ENTER. Enfin, la touche ENTER se trouve dans le coin inférieur droit de l'appareil, juste à côté de la touche DELETE; ainsi, non seulement elle est séparée des touches qu'elle suit le plus souvent ("page suivante" et

"page précédente"), mais elle se trouve adjacente à une touche qui peut interrompre le travail.

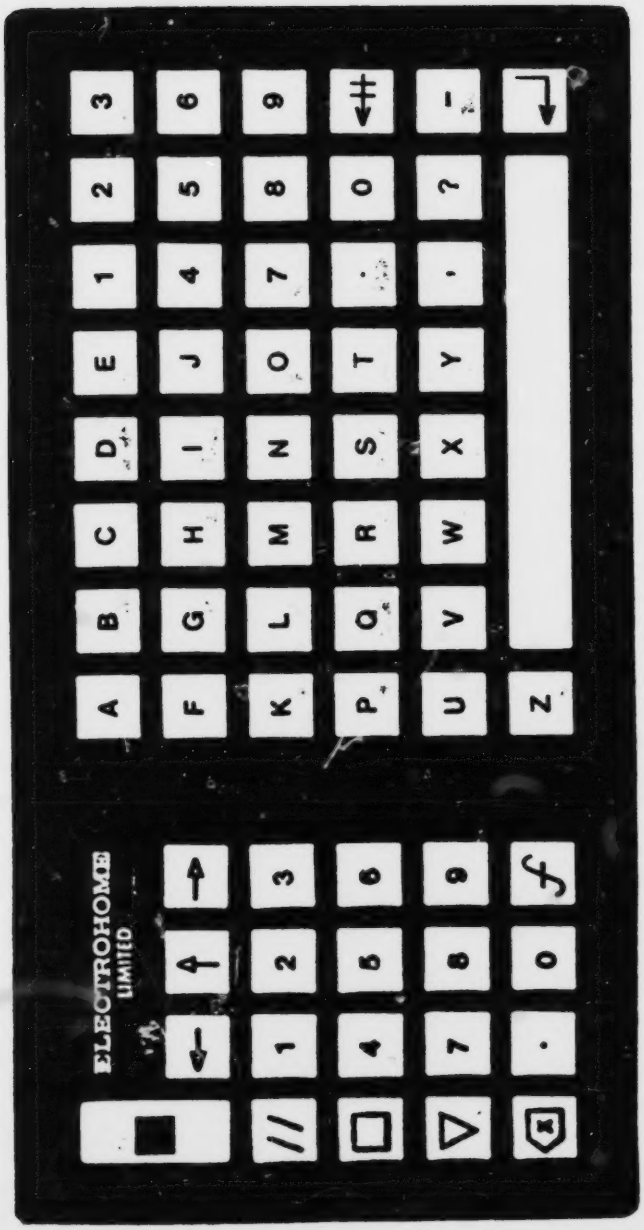
Electrohome

La figure 6 montre de face le clavier d'Electrohome. Le clavier mesure 2,88 pouces (7,30 cm) de longueur sur 6,38 pouces (16,19 cm) de largeur, et l'appareil lui-même mesure 4,13 pouces (10,48 cm) de longueur sur 9,13 pouces (23,18 cm) de largeur.

Toutes les touches sauf deux sont carrées et mesurent 0,38 pouce (0,95 cm) de côté. Les exceptions sont les touches d'exécution et d'espacement, qui sont rectangulaires. La touche d'exécution mesure 0,88 pouce (2,22 cm) de longueur sur 0,38 pouce (0,95 cm) de largeur et la barre d'espacement mesure 0,38 pouce (0,95 cm) de longueur sur 2,88 pouces (7,30 cm) de largeur. À l'exception de la touche d'exécution, toutes correspondent à peu près à la longueur recommandée de 0,44 pouce (1,12 cm). Par contre, la largeur, si l'on excepte la barre d'espacement, est inférieure à la largeur recommandée de 0,50 pouce (1,27 cm). L'espacement entre les touches (0,13 pouce, 0,32 cm) est également inférieur à la mesure suggérée par la documentation sur les facteurs humains. L'étroitesse des touches et de l'espace qui les sépare peut causer des problèmes si la frappe n'est pas d'une extrême précision.

Conformément aux suggestions précédemment mentionnées, on a mis les noms de touche directement sur les touches et ils offrent un bon contraste avec la surface blanche des touches (ils sont en noir sur les touches numériques et les touches de fonction, en brun sur les autres). Ce fort contraste entre les noms de touche et le fond facilite l'exploration du clavier, et l'absence d'ambiguïté dans l'association des noms et des touches facilite le repérage de celles-ci.

La hauteur des lettres et des chiffres utilisés est de 0,09 pouce (0,24 cm), soit un peu moins que la hauteur recommandée. Toutefois, la dimension des symboles utilisés comme noms de touche correspond bien aux



NOMS DE TOUCHE

■ - exécute l'opération

← - page précédente

↑ - page de choix précédente

→ - page suivante

// - transmet la page de nouveau

□ - dégage l'écran; annule

▽ - fixe temporairement l'image

⌫ - annule l'entrée

ƒ - suivie d'une ou de plusieurs autres frappes, précise les opérations à effectuer

- recul

↵ - retour

Figure 6. Reproduction du clavier d'Electrohome.

suggestions tirées de la documentation sur les facteurs humains (la hauteur ou la largeur minimale est de 0,19 pouce, 0,48 cm).

Les touches sont disposées en deux blocs séparés par un espace de 0,63 pouce (0,59 cm). Le bloc de gauche groupe les touches commandant les opérations de base et les chiffres; les touches du bloc de droite servent à l'introduction des données alphabétiques et numériques et des signes de ponctuation, ainsi qu'à la commande du "chariot".

Les lettres sont disposées en ordre alphabétique, de gauche à droite et de haut en bas. Les utilisateurs peuvent ainsi estimer l'emplacement d'une lettre sur le clavier selon son ordre dans l'alphabet. Les deux groupements numériques respectent la disposition normale des téléphones à clavier, que beaucoup d'utilisateurs connaissent bien.

Il est évident que l'on ne peut saisir l'appareil sur sa largeur de neuf pouces, ni même le tenir commodément sur sa hauteur de quatre pouces. Les concepteurs y ont incorporé une poignée moulée, du côté gauche du clavier, en vue d'en faire un appareil portatif. La poignée a l'épaisseur voulue pour assurer une prise confortable [épaisseur minimale de 0,63 pouce (0,59 cm) et maximale de 1 pouce (2,54 cm)], mais elle est mal placée pour les gauchers. En outre, on ne peut guère s'attendre à ce qu'une telle prise latérale procure à l'utilisateur un appui suffisant pour stabiliser l'appareil lorsqu'il enfonce les touches.

Pour terminer, plusieurs autres points méritent d'être mentionnés. D'abord, la présence de deux blocs numériques (un pour les opérations de base et un pour l'introduction des données alphanumériques) déroutera les utilisateurs inexpérimentés. Ensuite, le clavier offre peu de signes de ponctuation; on pourrait en ajouter davantage en se servant de la technique utilisée dans le modèle de clavier alphanumérique (figure 2). Enfin, l'enfoncement des touches est de beaucoup inférieur (0,03 pouce, 0,08 cm) à celui recommandé par la documentation sur les

facteurs humains. Comme les touches offrent, en plus, une forte résistance, l'utilisateur aura du mal à taper rapidement et correctement.

COMMENTAIRES FINALS

Au début du présent document, nous avons passé en revue certaines études consacrées à des facteurs humains et anthropométriques ayant rapport à la conception des appareils portatifs d'introduction de données, et nous avons fait des recommandations spécifiques concernant la conception des claviers Télidon (voir le tableau 1). Nous avons appliqué ces recommandations à un modèle de clavier Télidon de base (figure 1) et à un modèle combiné facultatif permettant l'introduction des lettres de l'alphabet (figure 2). Enfin, nous avons fait une analyse critique des quatre claviers Télidon disponibles actuellement sur le marché, à la lumière des recommandations tirées de la documentation existante concernant la conception des claviers.

On pourra juger trop sévère notre évaluation des claviers sur le marché. Cependant, l'objet du présent document est de signaler les difficultés que peuvent présenter les claviers et de fournir des lignes d'orientation précises de sorte que l'on puisse y remédier.

On présume souvent que les divergences entre les caractéristiques du clavier et les recommandations relatives aux facteurs humains sont sans importance parce que les utilisateurs peuvent apprendre à faire fonctionner un appareil quelle que soit la façon dont il est conçu. Cette hypothèse présente deux inconvénients. Premièrement, on ne fait pas la distinction entre la capacité d'adaptation de l'utilisateur et sa volonté de l'exercer. Or il s'agit d'une distinction que nous ne saurions méconnaître dans le cas d'une nouvelle technologie que nous espérons intégrer à la vie de tous les jours; il ne faudrait pas que le caractère interactif de Télidon soit indûment compromis par des défauts dans la conception des appareils destinés aux utilisateurs. Deuxièmement, on oublie le fait que, bien que les utilisateurs puissent apprendre à se servir de pratiquement n'importe quel appareil, la

conception de cet appareil peut influer énormément sur la période de temps nécessaire pour en devenir un utilisateur compétent.

Les quatre claviers Télidon diffèrent considérablement par la taille, par la désignation et la disposition des touches et même par les services qu'ils peuvent rendre. A cause de cela, les utilisateurs trouveront difficile de passer d'un appareil à un autre.

Le système britannique Prestel connaît un problème semblable. Un article récent indique qu'il existe actuellement dix modèles différents de claviers offerts aux utilisateurs (Viewdata and TV User, 1979, vol. 1(4), p. 24-25). Le problème de l'incompatibilité pour les utilisateurs est tellement marqué que Sutherland (1980, p. 41) a suggéré, dans le cadre d'un relevé des questions soulevées par le système Prestel auprès de ses utilisateurs, que le British Post Office établisse un modèle obligatoire de clavier.

En guise de conclusion, nous formulons le souhait que les recommandations et les modèles présentés dans le présent document se révèlent utiles pour les concepteurs de claviers Télidon. Nous tenons aussi à insister encore une fois sur la nécessité d'axer la mise au point des systèmes d'interaction entre l'homme et la machine sur la commodité de l'utilisateur, et spécialement du nouvel utilisateur.

OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

Alden, D.G., Daniels R.W., & Kanarick, A.F. Keyboard design and operation: A review of the major issues. Human Factors, 1972, 14, 275-293.

Chapanis, A., & Kinkade, R.G. Design of Controls. Dans H.P. Van Cott & R.G. Kinkade (Eds.), Human engineering guide to equipment design (Rev. ed.). Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1972.

Conrad, R., & Hull, A.J. The preferred layout for numeral data-entry keysets. Ergonomics, 1968, 11, 165-173.

Damon, A., Stoudt, H.W., & McFarland, R.A. Control layout. Dans C.T. Morgan, J.S. Cook, A. Chapanis, & M.W. Lund (Eds.), Human engineering guide to equipment design. New York: McGraw-Hill, 1963.

Davis, S. Keyswitch and keyboard selection for computer peripherals. Computer Design, 1973, 12, 67-77.

Deininger, R.L. Human factors engineering studies of the design and use of pushbutton telephone sets. Bell Systems Technical Journal, 1960, 39, 995-1012.

Dreyfuss, H. Anthropometric data. New York: Whitney Publications, 1959.

Dvorak, A., Merrick, N.F., Dealey, W.L., & Ford, G.C. Typewriting behavior: Psychology applied to teaching and learning typewriting. New York: American Book, 1936.

Fitts, P.M., & Seeger, C.M. S-R compatibility: Spatial characteristics of stimulus and response codes. Journal of Experimental Psychology, 1953, 46, 199-210.

Fogel, L.J. Biotechnology: Concepts and applications. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1963.

Garrett, J.W. The adult human hand: Some anthropometric and biomechanical considerations. Human Factors, 1971, 13, 117-131.

Grether, W.F., & Baker, C.A. Visual presentation of information. Dans H.P. Van Cott & R.G. Kinkade (Eds.), Human engineering guide to equipment design (Rev. ed.). Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1972.

Kinkead, R.D., & Gonzalez, B.K. Human factors design recommendations for touch-operated keyboards - final report (Document 12091-FR). Minneapolis: Honeywell, 1969.

Leonard, J.A., & Newman, R.C. On the acquisition and maintenance of high speed and high accuracy in a keyboard task. Ergonomics, 1965, 8, 281-304.

Lutz, M.C., & Chapanis, A. Expected locations of digits and letters on ten-button keysets. Journal of Applied Psychology, 1955, 39, 314-317.

McCormick, E.J. Human factors engineering (3rd ed.). New York: McGraw-Hill, 1970.

Miles, D.W. Preferred rates in rhythmic response. Journal of General Psychology, 1937, 16, 427-469.

Muller, P.F., Sidorsky, R.C., Slivinske, A.J., Alluisi, E.A., & Fitts, P.M. The symbolic coding of information of cathode ray tubes and similar displays. Report N° WADC-TR-55-375, 1955, Wright Air Development Center, Ohio.

Muter, P. Human factors of the Norpak Mark II keypad. Mémoire, Communications Canada, 27 août 1980.

Seibel, R. Data-entry devices and procedures. Dans H.P. Van Cott & R.G. Kinkade (Eds.), Human engineering guide to equipment design (Rev. ed.). Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1972.

Smith, W.A. Accuracy of manual entries in data-collection devices. Journal of Applied Psychology, 1967, 51, 362-368.

Steedman, W.C., & Baker, C.A. Target size and visual recognition. Human Factors, 1960, 2, 120-127.

Sutherland, S. Prestel and the user: A survey of psychological and ergonomic research. Rapport préparé pour le Central Office of Information, British Post Office, mai 1980.

Thurlow, W.R. Studies on hand-held communication device for the deaf and speech impaired 2. Keyboard design. Ear and Hearing, 1980, 1, 141-147.

West, L.J. Vision and kinesthesis in the acquisition of typewriting skill. Journal of Applied Psychology, 1967, 51, 161-166.

LE PROBLÈME DES ERREURS DE L'UTILISATEUR DU VIDÉOTEX À CAUSE DES LONGS NUMÉROS DE PAGE

ERIC LEE

1982

Direction de la recherche et de l'évaluation en comportement
Ministère des Communications
Ottawa, Ontario

LE PROBLÈME DES ERREURS DE L'UTILISATEUR DU VIDÉOTEX À CAUSE DES LONGS NUMÉROS DE PAGE

Résumé

Toutes les méthodes de recherche de données vidéotex, à l'exception de la méthode par mots clés, exigent le recours à des numéros de page pour identifier, emmagasiner et extraire l'information. Pour accéder directement à une page dans les systèmes de recherche par arborescence, les répertoires affichés en direct et les répertoires sur support papier, les utilisateurs doivent composer de longs numéros de page sur un clavier numérique ou alphanumérique afin d'extraire l'information qui les intéresse. Le nombre de chiffres des numéros de page vidéotex est appelé à augmenter en fonction de l'augmentation de la taille des bases de données. Cela implique pour l'utilisateur du vidéotex une probabilité de plus en plus grande de faire des erreurs dans l'introduction des numéros de page à mesure que ces numéros s'allongent. De telles erreurs peuvent être à la fois coûteuses en termes de temps et d'argent et frustrantes pour l'utilisateur. En rédigeant le présent rapport nous avions pour objet de faire une étude exploratoire de la nature et de la gravité du problème des longs numéros de page pour les utilisateurs du vidéotex. Nous avons examiné le problème à la lumière de la documentation existante. Comme nous n'avons pu trouver de documentation fondée sur l'expérience concernant la numérotation des pages vidéotex, nous avons dû nous contenter d'un examen de documents consacrés à des problèmes très proches, comme celui des longs numéros de téléphone. L'analyse de cette documentation donne à croire que les longs numéros de page pourraient éventuellement devenir un problème grave pour les utilisateurs du vidéotex, surtout lorsque le nombre de chiffres d'un numéro de page dépasse sept ou huit. Toutefois, la documentation consultée permet également de croire que l'on pourrait réduire de 50 % et même plus le nombre des erreurs commises par les utilisateurs, en regroupant par trois les chiffres des numéros de page et en laissant un espace en blanc entre chaque regroupement. En nous fondant sur les données présentées dans notre rapport, nous proposons plusieurs recommandations :

1. Les chiffres de tous les numéros de page vidéotex devraient être groupés en triplets. (Quoique le groupement par trois soit le meilleur dans l'ensemble, le groupement par quatre s'est souvent révélé presque aussi satisfaisant.)

2. Les groupes de chiffres devraient être séparés par un espace en blanc.

Ces recommandations s'appliquent à la présentation des numéros de page vidéotex dans les répertoires et les index sur support papier (qui ressemblent aux "pages jaunes"), dans les répertoires et les index affichés en direct, dans les pages d'index et de document de la structure arborescente, de même qu'à l'écho visuel qui apparaît sur le moniteur lorsque l'utilisateur commande un numéro de page.

INTRODUCTION

On a mis au point, au cours des cinq ou six dernières années, une nouvelle technologie des communications bilatérales que l'on appelle "vidéotex". Tout système vidéotex (par exemple, Télidon, Prestel ou Antiope) a pour fonction principale de donner à toute personne munie d'un appareil de télévision ordinaire et d'un terminal vidéotex accès à une multitude de données stockées dans des bases de données informatisées. Les utilisateurs de systèmes vidéotex peuvent en extraire l'information de bien des façons : au moyen de structures arborescentes organisées hiérarchiquement (c'est-à-dire des pages de menu à choix multiple), de répertoires sur support papier, de répertoires affichés en direct et de mots clés. Tous les systèmes vidéotex utilisés actuellement permettent la recherche documentaire par structures arborescentes. La plupart des services vidéotex finiront probablement par offrir des répertoires en direct ou sur papier, ne serait-ce que pour donner à l'utilisateur un autre choix que l'omniprésente méthode par arborescence pour extraire l'information. Le système Prestel fournit actuellement à ses abonnés un répertoire sur support papier (semblable aux pages jaunes ou à un dictionnaire), en plus de permettre la recherche documentaire par structure arborescente. L'utilisateur du vidéotex peut extraire toute information qui l'intéresse à l'aide d'un clavier numérique (qui ressemble à une simple calculatrice de poche), et il peut consulter directement n'importe quelle page d'information en composant sur son clavier le numéro de "page" donné dans le répertoire.

Dans toutes les méthodes de recherche documentaire, à l'exception peut-être de la méthode des mots clés, on doit utiliser des numéros de page pour identifier, stocker et extraire les données. Le nombre de chiffres des numéros de page augmentera nécessairement avec l'expansion des bases de données vidéotex. Les bases de données de dimensions commerciales pourraient compter au moins 10 et jusqu'à 20 ramifications dans leur structure arborescente et, proportionnellement, des numéros de pages formés de 10 à 20 chiffres. De la même façon, les bases de données dont la recherche documentaire repose entièrement sur des répertoires (c'est-à-dire sans l'utilisation d'une structure

arborescente) auront nécessairement besoin de numéros de page formés de 10 à 20 chiffres, soit à peu près autant que le nombre de ramifications des arbres.

Pour l'utilisateur du vidéotex, cela implique que la probabilité d'erreur dans l'introduction d'un numéro de page sur le clavier augmente à mesure que les numéros de page s'allongent. Même s'il faut seulement quelques secondes pour lire un numéro dans un répertoire et le composer au clavier, c'est encore trop pour que la plupart des gens se souviennent avec exactitude de seulement 6 ou 7 chiffres, à fortiori de 15, 20 ou 25 chiffres. Souvent l'utilisateur ne se rendra pas du tout compte de son erreur. C'est ce qui se produit très souvent avec les longs numéros de téléphone; les gens intervertissent fréquemment l'ordre d'une paire de chiffres sans s'en rendre compte. Les erreurs dans l'introduction des numéros de page entraînent deux conséquences possibles pour l'utilisateur : on pourra lui facturer la consultation de la page (soit directement pour la page d'information elle-même, soit pour la ligne téléphonique et le temps de raccordement), et il perdra du temps à réintroduire le bon numéro pour extraire la bonne page. Même lorsque l'utilisateur se rend compte de son erreur avant de commander l'affichage de la page, il perdra du temps à réintroduire le numéro de la bonne page. Dans un cas comme dans l'autre, chaque erreur risque d'être une source de mécontentement.

Il est important de noter que le problème des longs numéros de page vidéotex ne se pose pas vraiment lorsque les utilisateurs extraient l'information en faisant une série de choix dans des pages d'index successives, à l'aide de la structure arborescente. La recherche documentaire par arborescence permet à l'utilisateur d'obtenir des données sans jamais avoir à introduire de numéros de plus d'un chiffre. Il peut extraire l'information stockée sur les pages vidéotex portant de longs numéros par plusieurs commandes successives d'un chiffre seulement. Dans un tel cas, il est très peu probable qu'il introduise un mauvais chiffre et les conséquences d'une telle erreur ne seraient vraisemblablement pas trop graves. L'introduction directe de longs numéros de page est une tâche beaucoup plus difficile.

Le présent rapport se propose de faire une étude exploratoire de la nature et de la gravité possible du problème des longs numéros de page pour les utilisateurs des systèmes de recherche de données vidéotex. La nature et la gravité du problème y sont analysées à la lumière de la documentation existante. Cette documentation comprend une seule étude portant sur le problème des erreurs de l'utilisateur à cause des longs numéros de pages vidéotex. Bien que Sutherland (1980) signale que "les utilisateurs font énormément d'erreurs en composant de longs numéros de page", cet auteur ne présente pas de données empiriques à l'appui de son affirmation. Comme nous n'avons pu trouver d'études fondées sur l'expérience concernant la numérotation des pages vidéotex, nous avons limité notre revue de la documentation existante à l'examen de problèmes très proches, comme ceux que soulève la composition de longs numéros de téléphone. En nous fondant sur cette analyse, nous faisons des recommandations à l'intention des fournisseurs d'information et des concepteurs de logiciels de bases de données concernant le groupement des chiffres dans les numéros de page vidéotex.

Groupement naturel

Le groupement subjectif des chiffres dans les longs numéros a d'abord été remarqué dans les premiers travaux sur la capacité de la mémoire. La capacité de mémorisation des chiffres se mesure au nombre le plus élevé de chiffres exacts qu'une personne peut se rappeler consécutivement la moitié du temps. Plusieurs des premiers chercheurs (Miller, 1922; Jones, 1925; Easeby-Grave, 1924) ont signalé que les sujets à qui on demandait de se rappeler un long numéro, ordinairement présenté oralement avec des pauses de longueur égale entre chaque chiffre, faisaient des groupements subjectifs des chiffres. Ces groupements étaient inexistants dans la présentation originale des longs numéros, mais apparaissaient dans le rappel que les sujets en faisaient. Oberly (1928) soupçonnait que ces groupements pouvaient être une stratégie utilisée par les sujets pour augmenter leur aptitude à se rappeler les longs numéros. Dans une expérience sur la capacité de la mémoire, Oberly a présenté oralement à des sujets des séries de chiffres qu'il leur a demandé de mettre par écrit, puis il leur a demandé d'indiquer au moyen de parenthèses ou d'espaces en blanc tout "groupement de ces chiffres". La capacité de mémorisation moyenne pour les chiffres que les sujets ont signalé ne pas avoir tenté de grouper était de 4,09 chiffres, soit moins de la moitié de la capacité de mémorisation moyenne de 8,70 chiffres pour tous les numéros, que les chiffres soient groupés ou non. Le groupement semble donc améliorer sensiblement l'aptitude à se rappeler de longs numéros. Dans leurs commentaires personnels, les sujets ont tous indiqué qu'ils avaient tenté de grouper les chiffres pour en faciliter le rappel. Selon le compte rendu de Oberly sur les commentaires personnels de ses sujets, les groupements les plus fréquemment utilisés étaient formés de 3 et de 4 chiffres, quoique certains sujets utilisaient aussi parfois des groupes de 2 et de 5 chiffres. Martin et Fernberger (1929) ont constaté que, pendant 4 mois d'expérimentation, la capacité de mémorisation de leurs deux sujets avait augmenté de façon marquée seulement après que chacun des deux sujets eût tenté de grouper les

chiffres. Cette amélioration "dépendait de la mise au point de méthodes de groupement plus efficaces". Les deux sujets augmentèrent graduellement la taille du groupement utilisé jusqu'au moment où ils savaient grouper les chiffres par 5, ce qu'ils ne réussirent à faire qu'après des mois de pratique. Dans l'ensemble, le groupement des chiffres a amélioré la capacité de mémorisation d'un des sujets de presque 40 % et de 50 % pour l'autre sujet.

Lorsque les individus mémorisent, répètent ou transcrivent de longues successions d'éléments, ils montrent une prédisposition marquée à diviser ces séquences en groupes plus petits. On appelle groupement "naturel" un groupement spontané de ce genre. L'individu qui fait un groupement naturel impose une structure à une succession ininterrompue d'éléments en organisant les éléments en groupes. On présume que ces groupements imposés permettent à l'individu de mieux atteindre certains objectifs qu'il s'impose, comme se rappeler la séquence avec plus d'exactitude.

Plusieurs chercheurs ont observé ce phénomène du "groupement naturel" pour les longues séries de chiffres (Conrad et Hille, 1957; Crannell et Parrish, 1957). Thorpe et Rowland (1965), qui ont étudié systématiquement l'effet du groupement naturel des chiffres, ont constaté que leurs sujets divisaient spontanément en un très petit nombre de modèles différents les séquences ininterrompues de 8, 9 et 10 chiffres qui leur étaient présentées sur des cartes, lorsqu'ils les reprenaient oralement. De fait, leurs sujets utilisaient une certaine forme de groupement spontané pour plus de 98 % des numéros présentés. Pour les numéros de 7 chiffres, les trois modèles les plus fréquemment utilisés étaient 3-3-1 (31 %), 3-4 (25 %) et 3-2-2 (19 %), alors que pour les numéros de 8 et de 9 chiffres, les groupements naturels les plus fréquents étaient respectivement 3-3-2 (68 %) et 3-3-3 (88 %).

Ces résultats montrent que le groupement apparemment le plus naturel est un sous-groupement de grandeur précise, plutôt qu'un mode particulier de groupement comme la subdivision d'un numéro donné en deux

groupes d'égale grandeur. Le sous-groupement le plus naturel est formé de trois chiffres; les sous-groupements de 1, 2 et 4 chiffres sont beaucoup moins fréquents. Les gens semblent ramener chaque séquence à une série de groupes de trois chiffres plus un sous-groupement pour les chiffres qui restent (par exemple, 3-3-1, 3-3-2, 3-3-3).

Les modèles les plus naturels ou les plus fréquemment utilisés par les sujets de l'expérience de Thorpe et al. étaient également ceux dont ils se souvenaient le plus. Les gens commettaient sensiblement moins d'erreurs lors du rappel des longs numéros s'ils employaient un groupement naturel (c'est-à-dire le genre de groupement le plus fréquemment utilisé) plutôt qu'un groupement non naturel.

Faisant contraste avec l'étude de Thorpe et Rowland (1965) sur le groupement naturel, Schoeffler (1967) a abordé le phénomène du groupement en étudiant le nombre de chiffres qu'un individu chercherait à retenir entre deux coups d'oeil à de longs numéros de téléphone. Dans son expérience, Schoeffler présentait à ses sujets des numéros de téléphone de 7, 10 et 17 chiffres qu'ils devaient composer au téléphone. Tous les chiffres étaient imprimés en continu, sans aucun séparateur entre eux. Les sujets ne pouvaient regarder le long numéro et le composer simultanément. Ils devaient plutôt regarder le numéro, composer de mémoire quelques-uns des chiffres, regarder de nouveau le numéro, et ainsi de suite. Schoeffler définissait le groupement par les points où la personne consultait de nouveau les chiffres imprimés. Le premier groupe était donc la série de chiffres composée au téléphone avant que les sujets ne retournent consulter le numéro écrit; le deuxième groupe était la série de chiffres composée entre la deuxième et la troisième consultation, et ainsi de suite. Le plus souvent, tous les chiffres des numéros de 7 chiffres étaient groupés ensemble (plus de 55 %), et, dans environ 10 % des cas, on a utilisé les modèles de groupement 3-4, 4-3 et 5-2. Pour les numéros de 10 chiffres, le modèle 6-4 était le plus fréquent (50 %), suivi du modèle 5-5 (environ 20 %) et du modèle 7-3 (environ 15 %). Le modèle de groupement le plus courant pour les numéros de 17 chiffres était 6-6-5 (45 %). Pour les numéros de 10 et de 17 chiffres, le groupement par six était de loin le préféré.

L'absence presque totale de groupes de 6 chiffres dans les numéros de 7 chiffres s'explique probablement par l'impopularité des groupes d'un seul chiffre. Les groupements de 3 à 8 chiffres n'ont pas montré entre eux de différence marquée dans le "temps de consultation" moyen par chiffre. Les groupements de 1, de 2 ou de plus que 8 chiffres prenaient beaucoup plus de temps et étaient donc beaucoup moins efficaces. Dans une étude du même genre, Deininger (1960) a signalé qu'au moment de composer des numéros de téléphone de 7 chiffres, à peu près la moitié des sujets de son expérience préféraient diviser ces numéros en 2 groupes ou plus, en retournant plus d'une fois consulter le numéro imprimé.

Les résultats des expériences de Schoeffler (1967) et de Thorpe et Rowland (1965) donnent à penser que les gens emploient deux opérations différentes de groupement lorsqu'ils travaillent avec de longs numéros. Les travaux de Thorpe et Rowland montrent que les gens préfèrent diviser les numéros plus longs en groupes naturels de 3 chiffres afin de faciliter apparemment la mémorisation et le rappel. Les résultats de Schoeffler indiquent que les gens préfèrent retenir des groupes de 6 chiffres avant de composer des numéros. Ces deux études ne nous apportent pas les données qui nous intéressent particulièrement; toutefois, il est probable que les gens préfèrent diviser les longs numéros d'abord en sous-groupes de 3 chiffres pour mieux s'en souvenir, et mémoriser ensuite deux groupes de 3 chiffres assez longtemps pour composer les 6 chiffres. Les résultats de ces deux études fournissent de bons arguments en faveur de la division des numéros de page vidéotex en groupes de chiffres. Cependant, ils ne sont pas concluants, car la véritable question est de savoir si le groupement préliminaire des chiffres dans les longs numéros de page vidéotex peut réduire la fréquence des erreurs commises par l'utilisateur. Nous analyserons maintenant plusieurs études consacrées à cette question.

L'effet du groupement préliminaire sur le rappel

Wickelgren (1964, 1967) a étudié les effets qu'ont sur la mémoire à court terme différentes méthodes de groupement des chiffres dans les

longs numéros. Il a émis l'hypothèse que différentes méthodes de groupement produisent des effets différents sur la mémoire (et donc sur le nombre d'erreurs commises); des méthodes de groupement différentes portent les gens à utiliser des stratégies de rappel différentes qui donnent des rendements différents pour les tâches exécutées dans des études comme celles de Severin et al. (1963) et de Konz et al. (1968).

Grâce au rappel par petits groupes, il peut être plus facile de retenir de longs numéros assez longtemps pour les composer correctement, les mettre sur papier ou les taper sur un clavier. Dans sa première expérience, Wickelgren (1964) demandait aux sujets de répéter les chiffres de chaque numéro présenté en groupes d'exactement 1,2,3,4 ou 5 chiffres (pour autant que l'on pouvait subdiviser chaque numéro long en sous-groupes de la grandeur requise). La longeur des numéros variait entre 6 et 10 chiffres et un magnétophone servait à les présenter aux sujets. Chaque sujet devait simplement mettre par écrit le numéro qu'il venait d'entendre.

L'analyse par Wickelgren des erreurs de "rappel ordonné" est particulièrement appropriée à l'étude qui fait l'objet du présent rapport. Le rappel de la séquence par le sujet était correct seulement si le sujet rappelait tous les chiffres de la séquence dans le bon ordre. Selon ce critère, le rappel par groupes de 3 chiffres était le meilleur, mais le rappel par groupes de 4 chiffres était presque aussi satisfaisant. Le taux d'erreurs se situait approximativement à 42 % pour les groupes d'un seul chiffre, à 46 % pour les groupes de 2, à 33 % pour les groupes de 3, à 34 % pour les groupes de 4 et à 41 % pour les groupes de 5 chiffres. Ces résultats fournissent un argument additionnel à la thèse qui veut que la meilleure méthode pour grouper des chiffres consiste à les grouper par trois.

En 1967, Wickelgren a affiné sa première expérience (1964) en obtenant une évaluation indépendante de la meilleure méthode de groupement pour des numéros de trois longueurs différentes, soit des numéros de 8, 9 et 10 chiffres. Cette deuxième expérience a donné des

résultats très voisins de ceux de la première, à savoir que le groupement ou le rappel par trois était le meilleur pour les numéros longs de 8, 9 et 10 chiffres. Le groupement par trois était supérieur à toutes les autres méthodes, y compris le groupement par 4, sauf pour les numéros de 10 chiffres; dans ce dernier cas, il n'y avait aucune différence entre le groupement par 3 et le groupement par 4. Cette deuxième expérience apporte une nouvelle confirmation de la supériorité des triplets comme méthode de groupement. Selon cet auteur, la capacité de mémorisation ne semble pas touchée par le caractère plus "naturel" de la méthode qui consiste à diviser une liste de huit éléments en deux groupes de quatre ou à diviser une liste de 10 éléments en deux groupes de cinq. Toutefois, ces expériences n'écartent pas la possibilité que, pour les numéros de 10 chiffres et plus, la division par quatre soit la meilleure méthode. Les données fournies par Wickelgren dans sa deuxième expérience (1967, voir sa figure 1 originale) montrent que l'efficacité du groupement par 4 augmentait à mesure que l'on passait de 8 à 10 chiffres par numéro.

Martin, Morton et Ottley (1977) rapportent plusieurs expériences sur les courtes séries de chiffres. Dans une de ces expériences, on présentait aux sujets trois modèles de numéros de 3 chiffres : un groupe de 3 (par exemple, 912), un numéro dont le premier et le deuxième chiffre, ou le deuxième et le troisième chiffre, étaient séparés par un espace (par exemple, 96 4 ou 8 31), et un numéro dont le premier et le deuxième chiffre, ou le deuxième et le troisième chiffre, étaient séparés par un trait d'union (par exemple, 96-4 ou 8-31). On affichait ces numéros de 3 chiffres un à la fois sur l'écran. Après chaque affichage, on demandait aux sujets de rappeler chaque série de 3 chiffres en la mettant sur papier et en excluant les séparateurs (espaces en blanc ou traits d'union). Le temps de réponse des sujets était sensiblement plus rapide pour les numéros qui ne comprenaient pas de séparateurs. Les numéros rappelés sans séparateurs contenaient aussi moins d'erreurs que les deux autres modèles, mais la différence n'était pas marquée. L'expérience de Martin et al. vient donc appuyer, elle aussi, notre thèse à l'effet que les triplets représentent la grandeur idéale pour les groupements de chiffres dans les longs numéros.

Alors que, dans la plupart des modèles expérimentés, la taille des groupements résulte de l'insertion d'espaces entre des groupes de chiffres présentés séquentiellement à l'horizontale, Mayzner et Gabriel (1963) ont fait varier la taille des groupements en changeant le nombre de chiffres par ligne. L'expérience de ces chercheurs portait sur six façons différentes de présenter des numéros de 12 chiffres : une colonne de 12 chiffres, une colonne formée de 6 lignes de 2 chiffres, 4 lignes de 3 chiffres, 3 lignes de 4 chiffres, 2 lignes de 6 chiffres et une ligne de 12 chiffres consécutifs. Le genre de groupement avait un effet marqué sur le nombre de chiffres rappelés correctement et dans le bon ordre. Le rendement des sujets était le meilleur pour les deux groupes de 6 chiffres chacun. L'article de ces auteurs ne montre pas clairement, toutefois, si le rendement obtenu avec deux groupes de 6 chiffres était de beaucoup supérieur à celui que donnaient trois groupes de 4 chiffres. Mackworth (1962) rapporte des résultats semblables. Le rendement de la mémoire augmentait avec le nombre de chiffres affichés simultanément.

Pollack, Johnson et Knaff (1959) rapportent une expérience concernant l'effet du groupement des chiffres sur la présentation orale de longs numéros. La taille des groupes variait de 1 (aucun groupement) à 6 chiffres; par exemple, on lisait les groupements par 3 de la façon suivante : 542 (pause) 219 (pause) 862. À la fin de l'énoncé de tous les chiffres d'un numéro, on demandait aux sujets de rappeler le numéro de mémoire. Les groupements par 4 donnaient le plus large éventail de chiffres (l'éventail de chiffres étant le nombre maximal de chiffres présentés consécutivement qu'un sujet peut se rappeler correctement). Le groupement par 4 était de beaucoup supérieur à toutes les autres méthodes de groupement, à l'exception du groupement par 3. Bien que la présentation orale crée une situation assez différente de ce qui se produira le plus couramment dans le cas des numéros de page vidéotex (à savoir la présentation visuelle), les résultats obtenus par Pollack confirment la supériorité générale des groupements par 3 ou par 4.

Longs numéros de téléphone

Le problème soulevé par les numéros de téléphone ressemble beaucoup au problème rencontré dans la numérotation des pages vidéotex. Les gens qui utilisent un annuaire téléphonique doivent retenir le numéro de téléphone assez longtemps pour le composer correctement sur l'appareil téléphonique. La longueur des numéros de téléphone correspond à la longueur actuelle des numéros de page vidéotex, qui, elle, augmentera probablement dans un proche avenir. En Amérique du Nord, les numéros de téléphone locaux sont formés de 7 chiffres, et les numéros à composer pour les appels interurbains internationaux peuvent compter jusqu'à 12 chiffres sur le réseau public (CCITT) et jusqu'à 13 chiffres sur le réseau téléphonique du gouvernement fédéral canadien.

Il faut un effort à peu près équivalent pour se rappeler un numéro de téléphone assez longtemps pour le composer correctement et pour se rappeler un numéro de page vidéotex assez longtemps pour l'introduire correctement sur un clavier numérique ou alphanumérique. Les études sur les longs numéros de téléphone peuvent donc trouver une certaine application pour la solution du problème que posent les longs numéros de page vidéotex.

Il est donc difficile pour la majorité des gens de se rappeler même un court numéro de téléphone assez longtemps pour le composer correctement. Conrad (1958) a relevé des erreurs dans 46 % des numéros de téléphone de 8 chiffres composés par des téléphonistes, en dépit de leur expérience, lorsque les numéros leur étaient donnés au moyen d'un magnétophone. Le fait d'ajouter un zéro comme préfixe uniforme à tous les numéros de 8 chiffres a porté le taux moyen d'erreurs à plus de 60 % (on devait souvent utiliser le préfixe 0 pour accéder aux lignes interurbaines en Grande-Bretagne).

Dans le résumé d'une étude sur la télécommunication, Conrad (1960) remarquait que le groupement des chiffres réduisait sensiblement le nombre d'erreurs de composition des longs numéros de téléphone. Il tenait pour idéal le groupement formé de trois ou de quatre chiffres, sans toutefois présenter de données empiriques sur le sujet.

Dans le cadre d'une étude systématique portant sur plusieurs centaines de téléphonistes en Grande-Bretagne, Conrad et Hille (1957) ont constaté que seulement 70 % de tous les numéros de 8 chiffres rappelés par les sujets étaient exempts d'erreurs. Dans le cas de numéros plus longs le rendement était encore pire : 56 % d'exactitude pour les numéros de 9 chiffres et 46 % pour les numéros de 10 chiffres. Chose assez surprenante, la plupart des sujets croyaient s'être souvenus correctement des numéros alors qu'ils s'étaient effectivement trompés. Une forme d'erreur fréquente et non décelée consistait à transposer ou à inverser l'ordre de deux chiffres.

Les premières expériences de Conrad et Hille (1957) sur la mémorisation des longs numéros de téléphone ont révélé que beaucoup de téléphonistes tenaient à diviser les longs numéros de 8 à 10 chiffres en groupes plus petits afin de s'en souvenir plus facilement. Afin d'étudier l'effet du groupement sur le rappel des longs numéros de téléphone, ces deux chercheurs ont divisé des numéros de 9 chiffres de 4 façons différentes. Les numéros groupés de façon préliminaire étaient imprimés sur des cartes que les téléphonistes lisaient avant de composer les numéros. Le taux d'erreur était le plus faible lorsque les chiffres étaient divisés en deux sous-groupes. Les auteurs n'ont malheureusement pas publié le pourcentage d'exactitude dans le rappel des longs numéros pour chacun des modèles de groupement. Il est donc impossible de déterminer si la division d'un long numéro en trois sous-groupes avait donné un rendement seulement un peu plus mauvais ou beaucoup plus mauvais que la division en deux sous-groupes.

L'application aux numéros de page vidéotex des résultats obtenus par Conrad et Hille dans le cas des numéros de téléphone pose deux autres problèmes. D'abord, ces chercheurs n'ont présenté aux téléphonistes que des numéros de 9 chiffres, alors que le nombre de chiffres pourrait dépasser 15 dans le cas du vidéotex. Ensuite, leur étude ne démontre pas clairement si la division d'un long numéro en deux sous-groupes (de grandeur approximativement égale) occasionne le moins d'erreurs parce que (a) la division d'un long numéro de n'importe quel nombre de chiffres (disons 24 chiffres) en deux sous-groupes est idéale

ou parce que (b) la division d'un numéro de n'importe quel nombre de chiffres en sous-groupes de 4 ou 5 chiffres est idéale. On doit faire varier systématiquement le nombre de chiffres des longs numéros de téléphone pour mettre à l'épreuve ces deux interprétations possibles. Plusieurs études plus récentes ont systématiquement fait varier le nombre de chiffres dans les numéros.

Pour étudier, eux aussi, l'effet du groupement des chiffres sur la mémorisation des numéros de téléphone, Severin et Rigby (1963) ont présenté à leurs sujets quatre modèles différents de numéros de 7 chiffres. Chaque modèle était formé de groupes de chiffres séparés par des traits d'union : 3-4, 1-3-3, 2-2-3 et 1-2-2-2. On présentait chaque numéro de 7 chiffres sous forme écrite durant quatre secondes, après quoi on demandait aux sujets de décrocher le récepteur téléphonique et de composer le numéro. Cette opération est assez réaliste et ressemble à l'opération effectuée par les utilisateurs du vidéotex qui observent un numéro de page pendant quelques secondes avant de le composer en entier de mémoire sur un clavier. Le modèle 3-4 a occasionné beaucoup moins d'erreurs que les trois autres modèles, dont les résultats ne différaient pas l'un de l'autre. La figure 1 de l'article de Severin et Rigby indique que le pourcentage de numéros totalement exempts d'erreurs par rapport au nombre de numéros composés selon chacun des modèles était : 3-4 (67,5 %), 2-2-3 (60,2 %), 1-2-2-2 (59,3 %) et 1-3-3 (57 %). On peut donc conclure que la façon de grouper les chiffres dans les longs numéros a un effet important sur le nombre d'erreurs commises lors du rappel.

Dans l'ensemble, le nombre d'erreurs était relativement élevé; même dans le modèle idéal de groupement des chiffres, les sujets ont commis au moins une erreur dans presque le tiers de tous les numéros de téléphone qu'ils ont composés. Dans le cas du vidéotex, cela voudrait dire que l'introduction de numéros de page encore plus longs pourrait se révéler un problème grave et frustrant pour l'utilisateur qui tente de se souvenir du numéro en entier assez longtemps pour le composer au clavier. Il est évident que certains utilisateurs préféreront consulter le numéro à plusieurs reprises pendant qu'ils le composeront au clavier.

Nous reparlerons de ce cas dans une section subséquente du présent rapport.

L'étude de Severin et Rigby comporte par ailleurs plusieurs lacunes. Premièrement, comme leur expérience ne portait que sur des numéros de 7 chiffres, il est difficile d'extrapoler et d'en appliquer les résultats à des numéros plus longs. Par exemple, il est impossible de savoir, en se fondant uniquement sur leurs données, s'il faudrait diviser les numéros plus longs en deux groupes à peu près égaux ou en sous-groupes de trois ou de quatre chiffres. Deuxièmement, sur les trois groupements naturels les plus souvent utilisés pour les numéros de 7 chiffres selon Thorpe et al. (1965), soit 3-3-1, 3-4 et 3-2-2, seul le modèle 3-4 a été soumis aux sujets de l'expérience de Severin et Rigby. Si l'on avait inclus dans l'expérience ces deux autres groupements "naturels" possibles, on aurait peut-être constaté que ces groupements étaient aussi satisfaisants et même meilleurs que le modèle 3-4. Tant que l'on n'aura pas mis à l'essai le rendement des autres groupements naturels (3-3-1 et 3-2-2), on doit tenir pour discutable la conclusion de ces chercheurs à l'effet que le modèle 3-4 est la méthode de groupement idéale pour les numéros de 7 chiffres. Troisièmement, Severin et Rigby n'ont pas inclus de suites ininterrompues de 7 chiffres dans leur expérience, comme ligne de base permettant la comparaison avec les autres modèles de groupement. Les résultats qu'ils ont obtenus ne suffisent donc pas à déterminer si le modèle de groupement 3-4 est véritablement supérieur à une suite ininterrompue de 7 chiffres.

Konz, Brown, Jachindra et Wichlan (1968) ont mené une étude semblable à celle de Severin et Rigby. Dans l'expérience de Konz et al., on a présenté à des sujets cinq modèles différents de numéros de 9 chiffres : 3-3-3, 3-4-2, 4-5, 2-2-2-2-1 et 9, en séparant les sous-groupes de chiffres par un trait d'union. On présentait chaque numéro de 9 chiffres sur diapositive pendant environ 5,4 secondes, avant de demander au sujet d'inscrire le numéro entier sur un morceau de papier. Les modèles 3-3-3 et 3-4-2 ont occasionné sensiblement moins d'erreurs que tous les autres modèles et la marge séparant les résultats

obtenus avec ces deux modèles était très étroite. Les quatre méthodes de groupement ont toutes occasionné beaucoup moins d'erreurs que la ligne de base de 9 chiffres en continu. Sur l'ensemble des 240 numéros de chaque modèle présentés aux sujets, le nombre d'erreurs par modèle a atteint 443 pour le modèle 3-3-3, 447 pour le modèle 3-4-2, 514 pour le modèle 4-5, 541 pour le modèle 2-2-2-2-1 et 630 pour la suite de 9 chiffres. Konz et al. ont dénombré les erreurs en comptant chacun des chiffres inexacts dans un même numéro. On ne peut donc comparer directement leurs données relativement au taux d'erreurs à celles de Severin et Rigby (1963), qui ont compté le nombre de numéros de 7 chiffres qui comportaient une erreur ou plus.

L'étude de Konz et al. a évité deux des faiblesses de l'étude précédente de Severin et Rigby (1963). D'abord, Konz et al. ont inclus la suite ininterrompue de chiffres qui a servi de ligne de base permettant de comparer le rendement des diverses méthodes de groupement. Ensuite, l'ensemble des modèles possibles présentés aux sujets de leur étude comprenait le groupement "naturel" le plus fréquent, soit le modèle 3-3-3. Par contre, ces auteurs ont limité leur étude à des numéros de 9 chiffres.

Konz et al. ont également procédé à une autre expérience sur les numéros de téléphone de 7 chiffres, qu'on ne peut cependant comparer directement à leur expérience avec les numéros de 9 chiffres. Dans l'expérience portant sur les numéros de 7 chiffres, ils n'ont pas trouvé de différence marquée entre les modèles 3-4 et 3-2-2 et plusieurs variantes de ces deux modèles de base où certains des chiffres étaient mis en vedette (caractères gras).

Heron (1962) rapporte une expérience reprenant partiellement les recherches de Conrad (1960) à l'aide de numéros de téléphone de 8 chiffres. Heron présentait les 8 chiffres à ses sujets d'une des deux façons suivantes : présentation orale en série et présentation orale et visuelle simultanée. Un grand nombre des sujets ont spontanément groupé les chiffres en les reprenant oralement; la majorité des sujets a groupé les chiffres en deux groupes de 4. Le groupement par 4 au cours de

la reprise orale a sensiblement accru le nombre de numéros de 8 chiffres composés correctement, tant pour la présentation orale que pour la présentation orale et visuelle simultanée. Les sujets ont assez peu souvent employé les autres modèles de groupement.

Dans une vaste étude sur l'effet du groupement des chiffres écrits que des sujets devaient composer sur un téléphone à clavier, Klemmer (1968) a constaté que les groupements par 3 et par 4 donnaient le meilleur rendement pour des numéros de différentes longueurs, pour des utilisateurs de différents niveaux de compétence et pour des ordres divers de présentation des chiffres. Dans la première de six expériences, Klemmer a présenté à ses sujets des numéros de 18 à 21 chiffres répartis dans des groupes uniformes de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 10 chiffres. Tous les sujets ont atteint la vitesse de frappe maximale en groupant les chiffres par 3 ou par 4. Les triplets ont demandé en moyenne le temps de frappe le plus court pour tous les sujets. Toutefois, le taux d'erreurs pour les groupements de différentes tailles montrait un niveau élevé de variabilité et ne présentait pas de différences constantes. Dans la deuxième expérience, les 45 méthodes différentes de groupement des numéros de 7 chiffres ne montraient pas de différences marquées (la variabilité élevée était probablement due aux méthodes d'expérimentation utilisées). Dans la troisième expérience, les groupements 3-4, 4-3 et 3-2-2 ont donné le meilleur temps de frappe des numéros de 7 chiffres, alors que le groupement 1-5-1 et l'absence de groupement ont donné le moins bon. Les taux d'erreurs étaient trop faibles pour vérifier les effets du groupement. Dans la quatrième expérience, les groupements 3-3-3 et 3-4-2 ont donné un meilleur rendement (taux d'erreurs et temps de frappe) que le groupement 5-4, mais avec une faible marge. Dans la cinquième expérience, les groupements 3-3-2-2 et 3-3-4 ont donné une plus grande vitesse de frappe pour les numéros de 10 chiffres; le groupement 5-5 ralentissait sensiblement le rendement des sujets. Dans la sixième expérience, Klemmer a expérimenté deux groupements différents de numéros de 10 chiffres en limitant l'accès des sujets aux numéros de téléphone écrits; les sujets pouvaient regarder le numéro écrit aussi souvent qu'ils le voulaient, mais ne pouvaient le voir en même temps qu'ils le composaient

au téléphone. Les sujets ont constamment composé un nombre de 4 ou 5 chiffres pour chaque coup d'oeil au numéro écrit qu'ils pouvaient consulter, mais leur temps de frappe s'est révélé bien meilleur avec le groupement 3-3-2-2 qu'avec le groupement 5-5. Les différences dans le taux d'erreurs étaient minimes. Les résultats de ces six expériences viennent donc soutenir encore davantage la supériorité générale du groupement par 3 ou par 4, même pour les numéros de 18 à 21 chiffres. Il est intéressant de souligner que les sujets d'un bon nombre de ces expériences ont souvent exprimé leur préférence pour les groupements de plus de 3 ou 4 chiffres. Il n'y avait guère de rapport entre les préférences des sujets et leur rendement.

Dans une autre série d'expériences où les sujets devaient reproduire des numéros écrits en les composant sur un téléphone à clavier, Klemmer (1969) a constaté que les groupements de 3 et de 4 chiffres donnaient la meilleure vitesse de frappe (le temps de frappe moyen de chaque chiffre). Dans une de ces expériences, Klemmer a présenté à ses sujets des numéros de 18 à 21 chiffres en groupements dont la longueur variait de 1 à 10 chiffres. Le temps moyen de frappe par chiffre fut réduit au minimum avec l'utilisation de groupement de 3 et de 4 chiffres. Dans une autre expérience sur des numéros de 7 chiffres, le groupement 3-4 a exigé un temps de frappe sensiblement plus court que les modèles 2-5, 7 ou 1-5-1. Les différences dans la vitesse de frappe entre le groupement optimal et les cas où les nombres n'étaient pas groupés étaient ordinairement d'environ 20 %. Il n'y avait pas de différences constantes dans le taux d'erreurs en fonction du groupement. Les sujets ont exprimé une préférence marquée pour les groupes de 5, 6 ou 7 chiffres, même si leur meilleur rendement était avec les groupes de 3 ou 4 chiffres.

Expériences sur la transcription de chiffres

Dans une étude sur les facteurs ayant une incidence sur la vitesse et l'exactitude de la transcription à la main de codes alphabétiques et numériques, Conrad et Hull (1967, 1969) ont constaté que le groupement par trois et par quatre des numéros de 12 chiffres entraînait sensiblement moins d'erreurs de transcription que l'absence de

groupement. Dans leurs expériences, Conrad et Hull (1967) présentaient à leurs sujets des codes numériques de 3, 6, 9 et 12 chiffres qui étaient soit groupés en triplets séparés par un espace, soit écrits en une suite ininterrompue sans espaces en blanc entre eux. Les codes (numéros) à reproduire étaient dactylographiés en colonne du côté gauche de la feuille avec un espacement vertical substantiel entre chaque numéro; les sujets reproduisaient chaque numéro du côté droit de la feuille, à 2,5 pouces des numéros inscrits à gauche. Cette opération ressemble beaucoup à celle que doivent effectuer les utilisateurs du vidéotex qui reproduisent sur un clavier un long numéro de page imprimé dans un répertoire sur papier ou affiché en direct; en fait, la tâche des utilisateurs du vidéotex est encore plus difficile parce qu'ils doivent reporter le numéro à une distance beaucoup plus grande que 2,5 pouces, ce qui complique la vérification du numéro reproduit par rapport à l'original. Chaque code qui n'était pas reproduit fidèlement (c'est-à-dire dont tous les chiffres n'étaient pas exacts et à la bonne place) comptait pour une erreur. Pour les numéros de 3, 6 ou 9 chiffres, les auteurs n'ont pas constaté de différence dans l'exactitude de la transcription entre chiffres groupés et chiffres non groupés. Pour les numéros de 12 chiffres, par contre, les sujets ont commis sensiblement plus d'erreurs quand les chiffres n'étaient pas groupés (4,19 % d'erreurs) que lorsqu'ils étaient groupés en triplets (2,79 % d'erreurs). Les résultats de Conrad et Hull confirment une fois de plus la supériorité du groupement des chiffres en triplets dans les longs numéros de page vidéotex. Le nombre relativement élevé d'erreurs (4,19 %) dans la reproduction des numéros de 12 chiffres indique que cette tâche apparemment simple qu'est la transcription d'un numéro n'est pas si facile après tout. En outre, les numéros de page vidéotex formés de plus de 12 chiffres entraîneront probablement des taux d'erreurs encore plus élevés que le pourcentage de 4,19 % obtenu pour les numéros de 12 chiffres.

Dans une étude semblable sur la transcription des numéros, Cardozo et Leopold (1963) présentaient à leurs sujets des numéros de 3 à 13 chiffres, numéros inscrits sur des diapositives, et ils leur demandaient de mettre chaque numéro sur papier. Le nombre d'erreurs s'est

pratiquement maintenu à zéro tant que la longueur des numéros n'a pas atteint 6 chiffres, après quoi le nombre d'erreurs a augmenté rapidement. Le taux d'erreurs était sensiblement moindre pour les numéros dont les chiffres étaient groupés que pour ceux dont les chiffres n'étaient pas groupés.

Le rendement obtenu pour l'exécution de plusieurs tâches moins étroitement reliées à l'introduction de longs numéros de page vidéotex confirme qu'il est généralement plus facile de reproduire les numéros en groupant les chiffres en triplets. Klemmer (1959), par exemple, a rapporté plusieurs expériences portant sur l'opération qui consiste à vérifier les erreurs de chiffres. On demandait aux sujets de comparer des paires de numéros afin d'y déceler les erreurs, c'est-à-dire toute différence entre les deux numéros de chaque paire. Le nombre de chiffres par groupe variait de 1 à 10. On a constaté que la longueur du groupe ne modifiait pas l'exactitude de la vérification, mais que la vérification des erreurs était plus rapide pour les triplets que pour des groupes plus petits ou plus gros. Par rapport au groupement par 3, la vérification s'est révélée en moyenne 44 % plus lente quand les groupes étaient de 1 chiffre et 33 % plus lente quand les groupes étaient de 10 chiffres. Klemmer et Lockhead (1962) ont signalé des taux d'erreurs atteignant 7,5 % chez des mécanographes expérimentés.

L'utilisation de séparateurs dans les groupements préliminaires

On peut utiliser plusieurs séparateurs différents pour séparer les groupes de chiffres des longs numéros de page vidéotex, si l'on opte pour le groupement. Klemmer (1968) a comparé les effets des traits d'union et des espaces en blanc pour séparer des numéros de 7 chiffres; l'expérience comprenait 45 modèles différents de groupements et chaque numéro était dactylographié sur une fiche séparée. Il a constaté que le temps de frappe sur un téléphone à clavier était exactement le même pour les numéros contenant des espaces en blanc que pour les numéros contenant des traits d'union. Le nombre d'erreurs était essentiellement le même dans les deux cas. Il en était de même pour la préférence manifestée par les sujets : la moitié préférait les numéros avec des

traits d'union et l'autre moitié préférait les numéros avec des espaces en blanc.

Martin et al. (1977) ont expérimenté, dans les numéros de 6 chiffres divisés en deux groupes de trois chiffres chacun, trois séparateurs différents : l'espace en blanc, le trait d'union et le point. On affichait les numéros de 6 chiffres sur un écran et les sujets devaient les taper à la machine. Les résultats obtenus avec les espaces en blanc ont montré un taux d'erreurs plus faible et un temps de réponse plus rapide que dans les autres cas, mais les différences étaient peu marquées. Toutefois, on a noté une préférence très nette pour l'emploi de l'espace en blanc au lieu du trait d'union et du point; des 21 sujets qui ont exprimé leur préférence, 19 ont dit préférer l'espace en blanc. D'après les données disponibles, il y a donc lieu de recommander l'emploi d'un espace en blanc pour séparer des groupes de chiffres.

Le signe décimal peut servir de séparateur naturel à la place de l'espace en blanc dans les numéros de pages de documentation, où l'on utilise le signe décimal pour séparer le numéro de page du document lui-même et le numéro de page d'index du document. Il est superflu d'ajouter d'autres séparateurs : par exemple, 52 664.313 et 542.618.

DISCUSSION

À l'heure actuelle, on ne peut estimer l'importance ni la gravité du problème que les longs numéros de page vidéotex représentent pour les utilisateurs qu'à partir d'études consacrées à des problèmes semblables, comme les longs numéros de téléphone. L'effort nécessaire pour consulter un numéro dans l'annuaire téléphonique et le retenir assez longtemps pour le composer est assez comparable à celui qu'exige la composition sur un clavier d'un numéro de page vidéotex inscrit dans un répertoire sur support papier ou affiché en direct. La principale différence entre les deux opérations réside dans le nombre de chiffres du numéro à composer. Comme la longueur des numéros de page vidéotex est appelée à dépasser les 7 chiffres que l'on retrouve ordinairement dans les numéros de téléphone, il devrait être proportionnellement plus difficile de composer ces numéros de page correctement. Au cours d'une expérience faite par Severin et Rigby (1963), des étudiants de niveau universitaire n'ont pu composer correctement des numéros de 7 chiffres que dans 57 à 67 % des cas (le pourcentage précis dépendant du modèle de groupement utilisé). Conrad et Hille (1957) ont constaté qu'un groupe de téléphonistes possédant une formation très poussée ne pouvaient se rappeler avec exactitude que 70 %, 56 % et 46 % des numéros formés respectivement de 8, 9 et 10 chiffres. Même des téléphonistes ayant une grande compétence font beaucoup d'erreurs. Wickelgren (1964) a obtenu, en moyenne, de 54 à 67 % de rappels exacts pour des numéros dont la longueur variait de 6 à 10 chiffres. Dans une autre expérience de Wickelgren (1967) portant sur des numéros de 8, 9 et 10 chiffres, le pourcentage de rappels exacts s'élevait respectivement à 76 %, 70 % et 57 % des cas, quand les chiffres n'étaient pas groupés. Lorsque les chiffres étaient groupés en triplets (le groupement idéal dans cette expérience), les pourcentages de rappel exact passaient à 93 %, 87 % et 70 % des cas.

Il est possible que les utilisateurs du vidéotex n'essaient pas toujours de mémoriser un numéro de page entier assez longtemps pour le composer au clavier. Ils pourront, à la place, mémoriser et composer

alternativement des parties du numéro jusqu'à ce que le numéro entier ait été reporté. Il est, à certains égards, beaucoup plus facile de procéder ainsi que d'essayer de mémoriser le numéro en entier, même pour une courte période de temps. Dans une étude systématique portant justement sur la transcription de numéros (de 12 chiffres), Conrad et Hull (1967) ont obtenu 4,2 % de numéros incorrectement transcrits quand les chiffres n'étaient pas groupés et 2,8 % quand ils étaient groupés (en triplets). L'épreuve consistait simplement à reporter 2,5 pouces plus à droite, sur la moitié blanche d'une feuille de papier, une colonne de numéros occupant le côté gauche de la même feuille. Comme les utilisateurs du vidéotex reporteront probablement des numéros de page à des distances supérieures à 2,5 pouces, les taux d'erreurs de 4,2 % obtenus pour les chiffres non groupés et de 2,8 % pour les chiffres groupés représentent probablement le seuil minimal du nombre d'erreurs que l'on constatera effectivement dans le cas du vidéotex. En outre, le taux d'erreurs devrait être beaucoup plus élevé pour les numéros de page plus longs qui sont typiques du vidéotex. Vraisemblablement, plus les utilisateurs du vidéotex tenteront de mémoriser des numéros de page en entier, plus le problème des longs numéros s'aggravera.

La facilitation qu'apporte le groupement est amplement corroborée par l'analyse de la documentation existante. Le groupement, par rapport à l'absence complète de groupement, réduit le nombre d'erreurs et obtient la préférence de presque tous les sujets. Le groupement par 3 est nettement idéal dans la plupart des cas, quoique le groupement par 4 soit souvent presque aussi satisfaisant et, dans certains cas même, supérieur.

La sorte de séparateur utilisé pour grouper les chiffres d'un numéro ne modifiait pas les critères de rendement, mais les sujets montraient une préférence marquée pour l'espace en blanc par rapport aux autres possibilités.

Si l'on opte pour le groupement, on peut grouper les chiffres à partir de la gauche ou à partir de la droite. Par exemple, le numéro de

page 12546297 devient 125 462 97 si les chiffres sont groupés à partir de la gauche, mais 12 546 297 s'ils sont groupés à partir de la droite. Il n'existe pas de données empiriques permettant de choisir entre ces deux méthodes de groupement; toutefois, on doit tenir compte de plusieurs facteurs avant d'opter pour l'une ou l'autre de ces méthodes lorsqu'il s'agit de concevoir un système de numérotation des pages vidéotex.

Premièrement, en groupant les chiffres à partir de la gauche, les pages reliées logiquement (par le système de numérotation de la structure arborescente) présenteraient exactement le même modèle ou le même groupement des chiffres, à l'exception des derniers chiffres du numéro (par exemple : 125 424 et 125 424 51). L'utilisateur pourrait ainsi reconnaître et retenir plus facilement la même souche. Avec le groupement des chiffres à partir de la droite, les modèles de groupement sont différents et donc plus difficiles à retenir (par exemple : 12 542 541 et 125 424). Il est évident que si les numéros de page ne présentent aucune structure logique entre eux, le groupement à partir de la gauche n'apporte aucun avantage (pour reconnaître les souches communes et les retenir).

Deuxièmement, les fournisseurs d'informations qui identifient leur partie de la structure arborescente par un numéro de 3 chiffres pourront souhaiter conserver ce triplet et non le voir sectionné par un groupement à partir de la droite. Par exemple, si un fournisseur d'informations annonce que son numéro vidéotex est 925 mais que certaines de ses pages portent les numéros 92 511 ou 9 251 123, les utilisateurs pourront ne pas reconnaître les pages de ce fournisseur aussi facilement; par contre, si les fournisseurs d'informations ne possèdent pas de numéros en propre, le groupement à partir de la gauche n'apporte rien.

Troisièmement, il semble plus naturel de grouper les chiffres à partir du signe décimal, comme dans l'écriture ordinaire des nombres (par exemple : 12 563 ou 141 923). Le point peut servir de séparateur

naturel entre deux groupes de 3 chiffres pour indiquer les pages de documentation, par exemple 12 864.157.

Quatrièmement, si l'on aligne tous les numéros de page d'un répertoire sur le signe décimal en les mettant en colonne, le groupement à partir de la droite donnera un modèle uniforme de colonnes de 3 chiffres, par exemple :

864 192.
12 543.
1 862 941.
12 111 861.
727 444.

En dehors du fait que ces rangées sont de longueur inégale, ce modèle ressemble à celui que l'on trouve dans les pages blanches des annuaires téléphoniques. Le groupement à partir de la gauche brise la symétrie des colonnes :

542 12
211 864
494 1
821 924 2

Toutefois, si les numéros de page sont non seulement groupés, mais aussi imprimés à partir de la gauche, on peut obtenir un agencement des triplets en colonne :

542 12
211 864
494 112
821 924 2

Le signe décimal peut cependant causer un problème lorsque l'on essaie d'aligner des numéros en les groupant à partir de la gauche :

654 946 3
654.911
651 187 243
222 18.887
65.116

Il est peu probable, toutefois, qu'un index renvoie fréquemment à des numéros de page d'un document (la préparation de l'index des documents est à elle seule un problème fondamental). On obtiendrait ainsi la présentation des chiffres en colonnes dans les répertoires affichés en direct ou imprimés avec justification à gauche des numéros de page. Dans les cas où il sera nécessaire d'inclure le signe décimal dans le numéro de page, il est probable que ce numéro se présentera isolément et, par conséquent, la lecture n'en sera pas plus difficile.

Ces considérations donnent à croire que le groupement à partir de la gauche est probablement la solution idéale, quoique le groupement à partir de la droite présente aussi des avantages. Il n'y a malheureusement pas encore eu de recherches empiriques dont les résultats nous permettraient de trancher cette question une fois pour toutes. C'est donc un point à approfondir.

RECOMMANDATIONS

À la lumière des données analysées dans le présent rapport, nous pouvons formuler un certain nombre de recommandations à l'intention des fournisseurs d'informations vidéotex et d'autres intervenants dans le domaine de la recherche de données vidéotex :

1. Les chiffres de tous les numéros de page vidéotex devraient être groupés en triplets. (Bien que le groupement par 3 soit le meilleur dans l'ensemble, le groupement par 4 s'est souvent révélé presque aussi satisfaisant.)

2. Les groupes de chiffres devraient être séparés par un espace en blanc. (Les sujets ont préféré l'espace en blanc aux autres séparateurs, mais tous les séparateurs ont donné un rendement à peu près égal.)

Ces recommandations s'appliquent à la présentation des numéros de page vidéotex dans les répertoires et index imprimés sur support papier et affichés en direct de même qu'à leur présentation dans les pages de la base de données elle-même (numéros de page de documentation et de page d'index).

Ces recommandations doivent être nuancées dans la mesure où elles ne reposent pas directement sur des études empiriques portant sur des systèmes vidéotex. Trois questions au moins devront faire l'objet d'études empiriques : premièrement, on devra déterminer de façon empirique l'ampleur du problème des erreurs occasionnées par de longs numéros de page; deuxièmement, on devra faire l'essai de divers modèles de groupement en situation, c'est-à-dire avec le vidéotex lui-même; troisièmement, on devra faire l'essai de différentes sortes de séparateurs entre les groupes de chiffres. Bien qu'il importe de remédier à l'absence de recherches empiriques sur le vidéotex, ces recommandations reposent sur une abondante documentation tirée d'expériences portant sur des problèmes très proches, par exemple les longs numéros de téléphone.

Nous nous permettrons deux autres suggestions, même s'il y a lieu d'en souligner le caractère nettement exploratoire, étant donné qu'elles ne sont pas fondées sur des recherches empiriques et que leur bien-fondé devra être confirmé par de telles recherches :

1. Dans le cas des pages de documentation dont le numéro inclut un point décimal séparant les chiffres d'extraction du document des chiffres de pagination du document, placés respectivement à gauche et à droite du point, celui-ci peut servir de séparateur à la place de l'espace en blanc (par exemple : 725.124 et 693 424.176 242). Le point étant un séparateur, il est superflu d'ajouter des espaces en blanc entre le point et les chiffres formant le numéro de page.

2. Les chiffres devraient être groupés par 3 à partir de la gauche (par exemple : 126 543 et 942 825 12).

OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

Cardozo, B.L. & Leopold, F. Human code transmission. Ergonomics, 1963, 6, 133-141.

Conrad, R. Accuracy of recall using keyset and telephone dial, and the effect of a prefix digit. Journal of Applied Psychology, 1958, 42, 285-288.

Conrad R. Experimental psychology in the field of telecommunications. Ergonomics, 1960, 3, 289-295.

Conrad, R. & Hille, B.A. Memory for long telephone numbers. Post Office Telecommunications Journal (British Post Office), 1957, 10, 37-39.

Conrad, R., & Hille, B.A. The decay theory of immediate memory and paced recall. Canadian Journal of Psychology, 1958, 12, 1-6.

Conrad, R., & Hull, A.J. Copying alpha and numeric codes by hand: An experimental study. Journal of Applied Psychology, 1967, 51, 444-448.

Conrad, R. & Hull, A.J. On the format of very long telephone numbers. Post Office Research Department Report No. 65, U.D.C. 621.395.636.1:159.953,1969.

Crannell, C.W., & Parrish, J.M. A comparison of immediate memory span for digits, letters, and words. Journal of Psychology, 1957, 44, 319-327.

Deininger, R.L. Human factors engineering studies of the design and use of pushbutton telephone sets. Bell System Technical Journal, 1960, 995-1012.

Easeby-Grave, C. Tests and norms at the six year old performance level. Psychological Clinic, 1924, 15, 279. (American Journal of Psychology, 1928, 40, 295-302.)

Heron, A. Immediate memory in dialling performance with and without simple rehearsal. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 1962, 14, 94-103.

Jones, A. An analytic diagnosis of one hundred twenty superior children. Psychological Clinic, 1925, 16, 44-45. (American Journal of Psychology, 1928, 40, 295-302.)

Klemmer E.T. Numerical error checking. Journal of Applied Psychology, 1959, 43, 316-320.

Klemmer E.T. Grouping of printed digits for telephone entry. Proceedings of the 4th International Conference on Human Factors in Telephony (Munich), 1968, 215-232.

Klemmer, E.T. Grouping of printed digits for manual entry. Human Factors, 1969, 11, 397-400.

Klemmer, E.T., & Lockhead, G.R. Productivity and errors in two keying tasks: A field study. Journal of Applied Psychology, 1962, 46, 401-403.

Konz, S., Braun, E., Jachindra, K., & Wichlan, D. Human transmission of numbers and letters. Journal of Industrial Engineering, 1968, 19, 219-224.

Mackworth, J.F. The effect of display time upon the recall of digits. Canadian Journal of Psychology, 1962, 16, 48-54.

Martin, J.N.T., Morton, J., & Ottley, P. Experiments on copying digit strings. Ergonomics, 1977, 20, 409-419.

Martin, P.R., & Fernberger, S.W. Improvement in memory span. American Journal of Psychology, 1929, 41, 91-94.

Mayzner, M.S., & Gabriel, R.F. Information "chunking" and short-term retention. Journal of Psychology, 1963, 56, 161-164.

Miller, K.G., The competency of fifty college students. University of Pennsylvania Experimental Studies in Psychology and Pedagogy, 1922, 8, 19. (American Journal of Psychology, 1928, 40, 295-302.)

Oberly, H.S. A comparison of the spans of "attention" and memory. American Journal of Psychology, 1928, 40, 295-302.

Pollack, I., Johnson, L.B., & Knaff, P.R Running memory span. Journal of Experimental Psychology, 1959, 57, 137-146.

Schoeffler, M.S. Laboratory studies related to subscriber international dialling. HET PTT - BEDRIJF (Netherlands PTT), mai 1967, 15, nos 1-2, 70-74.

Severin, F.T., & Rigby, M.K. Influence of digit grouping on memory for telephone numbers. Journal of Applied Psychology, 1963, 47, 117-119.

Sutherland, S. Prestel and the user: A survey of psychological and ergonomic research. Centre for Research on Perception and Cognition, University of Sussex, Brighton, Angleterre, mai 1980.

Thorpe, C.E., & Rowland, G.E. The effect of "natural" grouping of numerals on short term memory. Human Factors, 1965, 7, 38-44.

Wickelgren, W.A. Size of rehearsal group and short-term memory. Journal of Experimental Psychology, 1964, 68, 413-419.

Wickelgren, W.A. Rehearsal grouping and hierarchical organization of serial position cues in short-term memory. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 1967, 19, 97-102.